Public Works Canada
Travaux publics Canada

Architectural and Engineering Services
Services d'architecture et de génie

Building Performance Evaluation Series

Component Evaluation: Energy Performance

Document D05

Canada

89-01907/

Building Performance Evaluation Series

Component Evaluation: Energy Performance

Document D05

AES 1-4:86-25

March 1988

The Minister of Public Works makes no representation or warranty, express or implied, with respect to this publication or the programs or information described in this publication, their quality, merchantability, or fitness for any particular purpose, or their adequacy to produce any particular result. In no event shall the Minister or Her Majesty the Queen in right of Canada, Her employees, servants or agents be legally liable to any person or persons for any damage, whether direct, indirect or consequential, resulting from the use of said publication or the programs or the information contained therein.

Published by Architectural and Engineering Services
Public Works Canada

Public Works Canada / Travaux publics Canada

DOCUMENT DATA

1. Document Title COMPONENT EVALUATION: ENERGY PERFORMANCE	2. Control Number AES/SAG 1-4:86-25
	3. Date March 1988
4. Author(s) Leslie Jones & Associates	5. Consultant's Ref. No.
6. Project Manager	7. Discipline Series No. D05
8. Preparation Agency and Address Building Performance Division, Public Works Canada Room C-456, Sir Charles Tupper Building Riverside Drive, Ottawa, Ontario, K1A 0M2 Telephone: (613) 998-7830	9. Document Type Guideline
	10. No. of Pages 25
11. Sponsoring Agency and Address D.C. and R.T. Appropriated Programs Accommodation Branch	12. PWC File No. A4270-16
	13. PWC Project No. 602055
14. Supplementary Notes Questions and comments should be directed to the preparation agency, in 8 above.	15. SSC Publication No.
	16. ISBN

17. Abstract

This document describes how to find energy conservation opportunities, using a component evaluation of energy use. The procedure follows an overall evaluation and proceeds to a detailed equipment evaluation. A disaggregated pattern of energy consumption is developed to determine the amount of energy used or lost. These components can be defined as general energy sources (oil and electricity), broad categories (heating systems and lighting), or more specific items (parking lot lighting and chiller consumption). The process defines energy by weather and occupant sensitivity. The document provides methods of disaggregation and suggests scheduling changes to save energy. The appendices show how to measure energy usage or loss. The evaluation leads to the identification of energy inefficiency, and can also be used to check the results of more comprehensive evaluations.

18. Distribution Statement Copies are available from: Documentation Centre Architectural & Engineering Services Public Works Canada Sir Charles Tupper Bldg., Riverside Dr. Ottawa, Ontario K1A 0M2	19. Keywords	
	20. Documentation Centre Catalogue No. BP D05	21. Price

TABLE OF CONTENTS

	PREFACE	*vii*
1.	**INTRODUCTION**	*1*
1.1	Purpose and Objectives	1
1.2	Background Information	1
2.	**TERMS OF REFERENCE**	*5*
2.1	General Framework	*5*
2.1.1	Weather Effects	*5*
2.1.2	Operational and Occupancy Effects	*6*
2.2	Limitations of Evaluation Technique	*6*
3.	**METHODOLOGY**	*8*
3.1	Stage I - Preliminary Assessment (Introduction)	*8*
3.1.1	Description of Techniques	*8*
3.1.2	Equipment	*8*
3.1.3	Detailed Procedures	*8*
3.1.3.1	Separation of Weather and Non-Weather Sensitive Components	*8*
3.1.3.2	Determination of Weather Correlation Using Regression Techniques	*9*
3.1.4	Assessment	*9*
3.1.5	Resource Allocation and Timing	*10*
3.2	Stage II - Simple Measurement Techniques	*11*
3.2.1	Description of Techniques	*11*
3.2.2	Equipment	*11*
3.2.3	Detailed Procedure	*12*
3.2.4	Assessment	*13*
3.2.5	Resource Allocation and Timing	*13*
3.3	Stage III - Specialized In-Depth Monitoring	*13*
3.3.1	Description of Techniques	*13*
3.3.2	Equipment	*14*
3.3.3	Detailed Procedure	*14*
4.	**REFERENCES**	*15*

5.	**APPENDICES**	*16*
5.1	Standard Terms and Units of Measurement	*16*
5.2	Governing Authorities and Regulations	*16*
5.3	Catalogue of Weather and Occupancy Factors Affecting Component Energy Flows and Means of Quantifying these Effects by Measurement and/or Analysis	*16*
5.4	Building Performance Evaluation Document List	*24*

LIST OF FIGURES

1.2.1	Alternative Ways of Presenting Simple Component Energy Flows	*3*
1.2.2	Separation into Weather & Non-Weather Sensitive Energy	*4*
2.1.1	Short Term Monitoring Indicating Relative Occupied and Unoccupied Consumptions	*7*
3.1.1	Non Linearity of Fuel Consumption with Degree Days Resulting from Poor Part Load Boiler Efficiency	*10*
3.1.2	An Example of a Detailed Sankey Diagram Illustrating Complex and 'Multi-Form' Energy Flows	*12*

LIST OF TABLES

1.2.1	Possibilities for Components of Disaggregation	*2*

PREFACE

Component evaluation is concerned with establishing a disaggregated pattern of energy use in a building. It seeks to establish the magnitudes of energy used by or lost through building components including the envelope, boilers, chillers, fans, pumps and lighting systems.

Such an evaluation determines the extent these energy flows are reasonable given the quality of conditions maintained in the building. The evaluation follows an overall assessment of the building total energy use and precedes any detailed evaluation of specific equipment and system deficiencies. The evaluation of the global energy use and specific equipment and system evaluations are covered in separate D documents.

The determination of such a disaggregated picture of energy use results in a simple model of the building. This model can be used to evaluate retrofit options or to cross check the predictions of more complex models. The evaluation is appropriate to the final evaluation stage: i.e. Retrofit. The subject of retrofit evaluation is covered separately in the RETROFIT EVALUATION class D document.

1. INTRODUCTION

1.1 PURPOSE AND OBJECTIVES

Component energy analysis or disaggregation establishes the magnitudes of the component energy flows. The primary objectives are:

1) to identify the major areas of energy use, inefficiency and hence conservation potential and promising areas of retrofit; and
2) to serve as, or to help develop a means of checking energy calculations and models.

The first focuses and defines the most productive areas for further evaluation. The amount of energy used should be viewed in the context of the maintained environmental quality.

The second is a tangible benefit throughout the evaluation process. The component breakdown predicted by detailed models and hand calculation techniques used during RETROFIT evaluation is compared for consistency with the component breakdown achieved through disaggregation.

The actual process of disaggregation provides a basis for estimating the effect of various retrofits since the disaggregation process typically provides a variety of derived information, such as hours of lighting use, envelope heat loss and control losses which define the parameters of simple, yet reliable calculation models. This kind of information is invaluable in helping construct large detailed predictive models of the building and its energy systems.

1.2 BACKGROUND INFORMATION

Energy use can be broken into a few components, as suggested by Figure 1.2.1, or to many, as given in Table 1.2.1. Detailed breakdowns generally provide most benefit since they are more direct and specific to particular energy uses and retrofit potential. Inevitably the finer the level of detail the more work that is involved but often this increased work can lead to a more accurate, as well as more detailed picture of energy usage.

Different levels of disaggregation are appropriate according to the use to which the disaggregated energy picture is put. Low levels are appropriate for the identification of areas for further study, higher levels where the "model" is to be used to aid retrofit analysis. For example, one of the simplest breakdowns considered, and achieved with a minimum of effort and little error, is the separation of energy into fuel types and within fuel types to a weather sensitive and a non-weather sensitive (base load) component. An illustration of the breakdown is given in Figure 1.2.2. Such a step, however, does not give us many firm clues about specific areas of energy waste and conservation potentials. It does set boundaries of energy use for different types of equipment whose energy use may be totally weather sensitive, part weather sensitive or non-weather sensitive.

Equally if not more important are evaluations of short term component energy flows; i.e. hour to hour and day to day variations. Historically, the largest and most cost effective savings have been associated with the scheduling of conditions and equipment operation with occupancy. It is important to know, for instance, the relative levels of energy demand during occupied and unoccupied periods. The significance of this is reinforced if one realizes that an office building is unoccupied typically for twice as many hours as it is occupied.

1. SPACE HEATING
   - i) Conduction
   - ii) Ventilation
   - iii) Infiltration
   - iv) Humidification
   - v) Distribution Losses
   - vi) Control Losses
   - vii) Production Losses

2. SPACE AIR CONDITIONING
   - i) Conduction
   - ii) Ventilation (sensible)
   - iii) Infiltration (sensible)
   - iv) Latent Load
   - v) Solar
   - vi) Internal Loads
   - vii) Distribution Losses
   - viii) Control Losses
   - ix) Production Losses

3. DOMESTIC HOT WATER
   - i) Useful (delivered) energy
   - ii) Distribution and Storage Losses

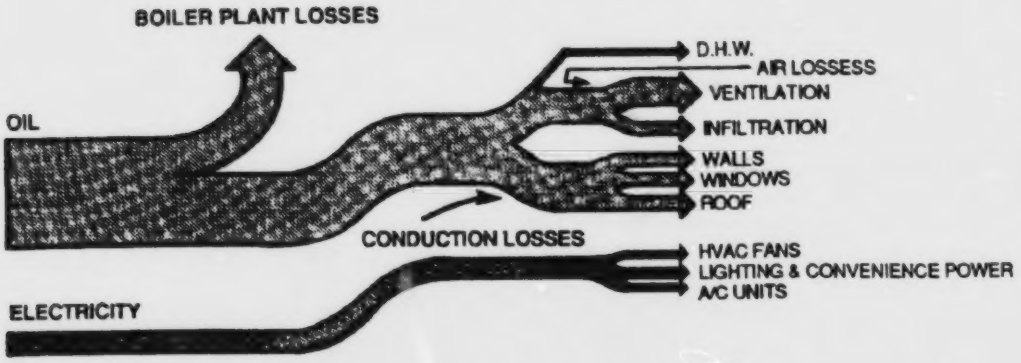
4. FAN ENERGY
   - i) Friction Losses
   - ii) Transmission
   - iii) Motor Losses

5. PUMP ENERGY
   - i) Friction Losses
   - ii) Transmission Losses
   - iii) Motor Losses

6. LIGHTING
   - i) Electrical Use
   - ii) Energy contributing to useful heating of the space
   - iii) Energy creating a need for mechanical cooling

7. MISCELLANEOUS
   - i) Elevators and escalators
   - ii) Snow melting
   - iii) Portable equipment
   - iv) Outlets for block heaters

Table 1.2.1: Possibilities for Components of Disaggregation



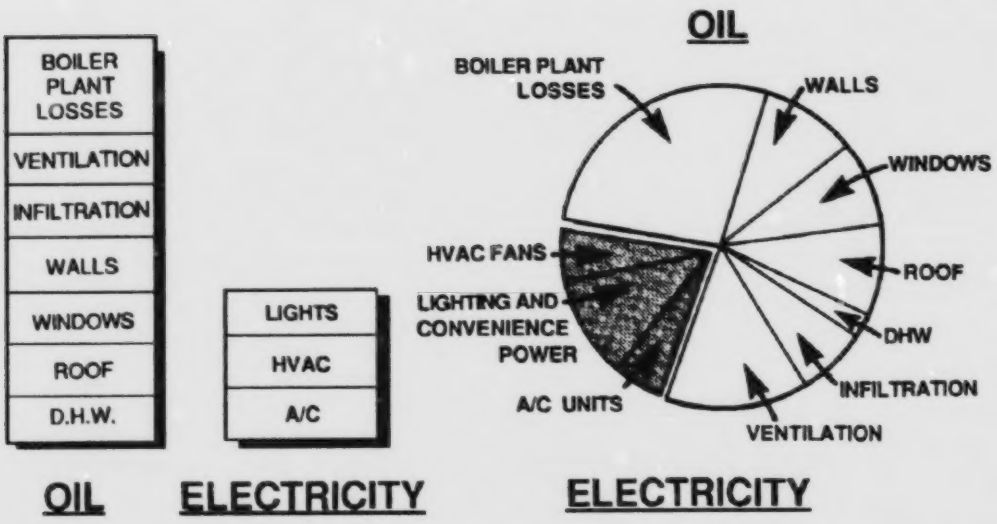


Figure 1.2.1: Alternative Ways of Presenting Simple Component Energy Flows

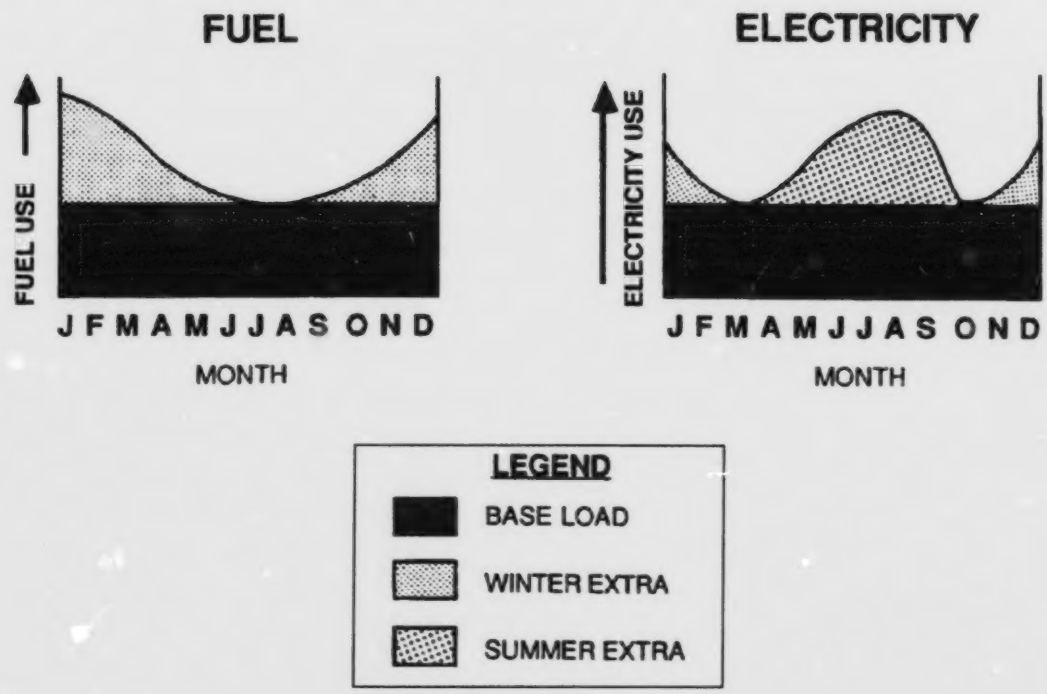


Figure 1.2.2: **Separation into Weather and Non-Weather Sensitive Energy**

2. TERMS OF REFERENCE

2.1 GENERAL FRAMEWORK

The process of disaggregation should make use of all readily available information including:

1) Utility records
2) Plans and specifications
3) Operating logs, particularly those relating to energy use
4) Discussions with building users and operations people.

In instances, site monitoring as opposed to the use of existing data, can provide valuable insights to building operation that might otherwise be obtained with less accuracy, confidence, or possibly, at greater cost. In other cases, detailed or complex measurement and/or analysis can be justified on their own merits.

A disaggregated picture of energy use is achieved by one or more of the following three principal methods.

1) True disaggregation methods which start with composite energy flow and isolate energy flows by regression techniques and pattern recognition.

2) Predictive methods which start by making assumptions about the building and its systems and predict the overall and component energy flows. The predictions are compared to known energy consumptions as a check that the correct assumptions have been made.

3) Actual monitoring of the component energy flows.

Combinations of the three methods are often desirable and can be used separately to cross check one another.

Component energy use will be influenced by weather conditions, the operation and use of equipment and systems and a combination of these. This makes disaggregation using true disaggregation methods particularly difficult. An understanding of such influences, is however, critical to the development of a disaggregated picture of energy usage. The Appendix, along with the following discussion, provides some background on the effects that weather and equipment operations can be expected to have on a range of component energy flows.

2.1.1 Weather Effects

The primary reason to determine weather dependency is the development of an understanding of how external parameters such as outside wet and dry bulb temperatures, solar radiation or wind speed affect energy usage. The effects might be studied over the long term; e.g. using utility records to look at a years operation, or over the short term to identify hour by hour effects, or somewhere in between. Long term effects may be continuously variable, like heating consumption with changing outside

conditions, or seasonal, such as the operation of heating or cooling equipment auxiliaries. An understanding of or sensitivity to the effects that certain outside conditions have on the overall energy flow ultimately lead to an understanding, or give some indication of the importance of specific energy flows. For instance if extreme energy use peaks are observed to be coincident with high wind speeds, one should suspect infiltration to be a significant component of the overall heat load.

2.1.2 Operational and Occupancy Effects

Since operational effects will, over a period of time, commonly cease to be discernible from general weather trends, it is necessary that data is available on a frequency at least representing the periods of different occupancy or use and operation of systems and equipment. Such information will require some form of site monitoring unless the data can otherwise be obtained from operating logs. Monitoring can be carried out to various degrees of detail and sophistication and over short or long periods. Usually the more detailed and longer the monitoring, the more useful the data but there is normally a point of diminishing returns. Recording over short periods of say one to two weeks for the different seasons of the year would be ideal but obviously in most cases this is too long a period although such monitoring would clearly be useful for determining seasonal weather and system control anomalies.

For most larger buildings one or two weeks of hourly recordings of total building electrical and fuel demand can usually be justified and reveal at least an overall picture of just how much in tune the building energy systems are with occupancy. The monitoring period should cover different day types, that is weekdays and weekend days. The point is illustrated in Figure 2.1.1 where building A has obviously far more potential for scheduling type energy conservation opportunities (ECOs) than has building B. The method is particularly effective for determining the potential for electrical demand limiting. In some cases, an indication of building equipment operation is obtained by looking at long term data. Specifically calculate the electrical load factor for the non-weather sensitive portion of electric usage and compare it to a target load factor; i.e. one which represents a building in which equipment and lighting is closely scheduled with occupancy. The target value can be calculated based on the operating hours of the building or taken from records of similar types of well-tuned buildings.

2.2 LIMITATIONS OF EVALUATION TECHNIQUE

The overall accuracy of the disaggregation of energy consumption is limited only by the amount of time and effort one is prepared to invest in the process. Practical limits exist, however, and it is not generally worthwhile to pursue very detailed or accurate breakdowns during the early stages of a building performance evaluation where the main objective is to identify specific areas (components) with significant energy efficiency problems.

More detailed and accurate breakdowns can, however, be justified where it is necessary to use the results of the disaggregation to predict the effect of changes (RETROFIT evaluation). In such a case selected areas (components) where specific retrofits are being considered, might be studied as opposed to studying the complete building.

Where disaggregation is to be limited to the analysis of existing utility data there are obvious limits on the level and accuracy of disaggregation that can be achieved.

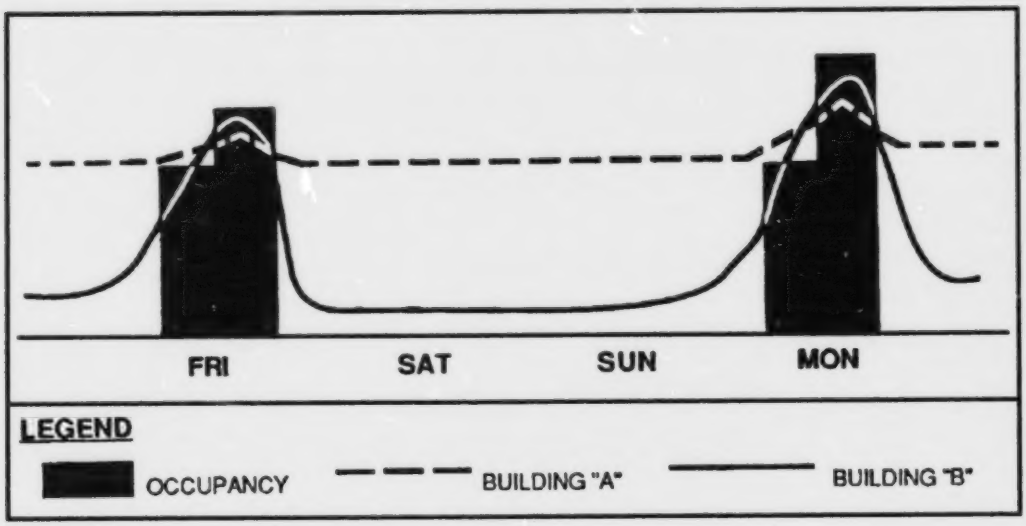


Figure 2.1.1: Short Term Monitoring Indicating Relative Occupied and Unoccupied Consumptions

Building B is much more in keeping with occupancy than Building A which can be considered to have good potential for scheduling type ECOs.

3. METHODOLOGY

3.1 STAGE I - PRELIMINARY ASSESSMENT (INTRODUCTION)

3.1.1 Description of Techniques

Techniques at this level rely on readily available data, primarily utility energy consumption and demand billing records. Also operations and procedures and occupant actions observed during a walkthrough could be used to enrich the disaggregation process. The problem of such an approach is basically related to timing; i.e. in order to give some focus to the expert walkthrough, a component evaluation must obviously precede the walkthrough. This, however is not a problem if component evaluation is carried on to more detailed evaluations in order to develop a complex energy use model.

Short term data available in existing records can be analyzed generally as described under "simple measurement".

3.1.2 Equipment

No special equipment is needed.

3.1.3 Detailed Procedure

3.1.3.1 Separation of Weather and Non-Weather Sensitive Components

It is necessary to construct annual energy profiles (previously illustrated in Figure 1.2.2) for all the fuel sources used; construction of a demand profile is also desirable. Profiles can normally be constructed from utility data, site consumption records or both. Problems of non-regular billing periods, estimated billings and liquid and solid fuel delivery uncertainties, however, make such a process less than straightforward and great care must be taken in constructing the curves.

The base load for fuel consumption can in many cases be taken as the consumption during the summer months; or month(s) with least consumption. The weather dependent component is left when the base load has been subtracted. The method can be considered reliable where there is no summer demand or where there are no possibilities for control losses (simultaneous heating and cooling). Care must be taken however in interpreting the base load if the summer occupancy or pattern of use is significantly different from that which would be expected during the winter months. This is obviously a problem in schools and universities.

For electricity use spring and fall consumptions and demand can be taken as a first approximation of the base load. This is only accurate where electric heat, heating systems auxiliaries and all cooling system components are off for these periods. Often this is not the case and estimates to separate out these components are necessary. For buildings without air conditioning these problems do not occur but even for such buildings differing summer occupancy patterns can create difficulties.

In many cases, knowledge of installed equipment and operating patterns can help disaggregate the weather and non-weather dependent components although ideally one would like to have these components to serve as an overall check of assumed or derived equipment operation.

3.1.3.2 Determination of Weather Correlation Using Regression Techniques

The simplest of regression techniques rely on fitting the best straight line fit through a number of data points. Many software packages and hand held calculators can provide such an analysis; failing this, relationships can be derived by plotting the results and fitting a straight line by eye.

Simple linear regression techniques are well suited to the analysis of the variation of heating energy consumption and to a lesser extent cooling energy consumption, with variations in climate. Typically the climate parameter used is degree–days although for mild weather and air conditioning cooling degree hours gives better results. See also PEACH, J., 1977.

Relationships between heating (or cooling) and degree days/hours can be tried using regression techniques based on degree days/hours at various base temperatures; the base temperature at the best fit giving an indication of the value of free useful gains (internal and solar gains) and hence the balance temperature of the building. An untypically high balance temperature can be indicative of significant control losses (i.e. simultaneous heating and cooling).

In practice, linearity is rarely obtained and the accuracy of fit may be upset by problems of consumption data inaccuracies or by characteristic features of the building itself. Variations from a linear pattern may in fact give clues to specific energy flows. The analysis of such clues for the most part, however, remains more of an art than a science. An example of where such a loss of linearity gives some clues is illustrated in Figure 3.1.1 where heat loss and fuel consumption are plotted for a hypothetical building. Heat losses are calculated on the basis of degree days and thus are linear with respect to degree days. Consumption, however, is *not* linear with degree days since the efficiency of the boiler over its operating range is not linear. The amount of bend in the relationship is indicative of the part load efficiency of the boiler plant; linear relationships indicating good part load performance. However, just because the curve bends upwards during the milder months does not mean poor low load boiler performance since the same effect would be observed by a building in which simultaneous heating and cooling were occurring or one which is overheating and particularly where this overheating is countered by opening windows.

3.1.4 Assessment

The relative amounts of energy use in the various categories can initially be taken as an indication of priority of subsequent evaluation. Consideration of the energy cost in each category can also give a first indication of the amount of time one can afford to spend.

For better results the amount of energy in each category can be compared with "target" consumptions to derive the potential for energy savings rather than just looking at the absolute energy values.

In instances, the process of disaggregation itself can directly identify specific retrofit opportunities (which would normally be identified through techniques described in the MECHANICAL SYSTEMS evaluation document).

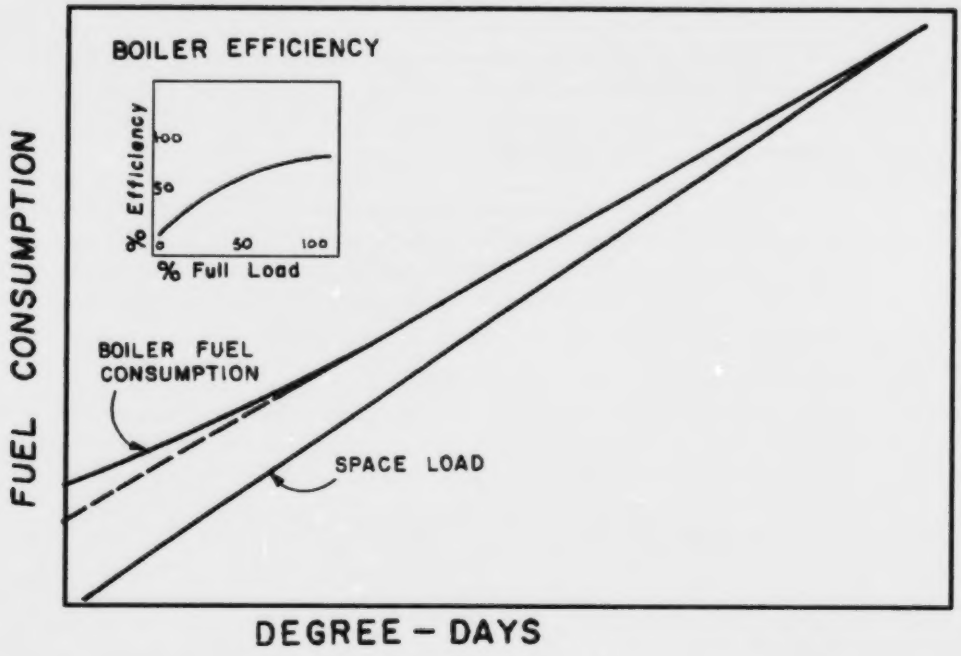


Figure 3.1.1: Non Linearity of Fuel Consumption with Degree Days Resulting from Poor Part Load Boiler Efficiency

The end result of the process of disaggregation is often illustrated in the form of a Sankey diagram (see Figure 1.2.1) that identifies the relative amounts of energy consumption (or demand or cost) by different building systems. The use of such a diagram is often valuable as a means of communicating the results of disaggregation to others. Pie charts and bar graphs can also be used as a graphical display of the energy breakdown and have the advantage that they are easier to construct but lack the means of being able to illustrate complex energy flows such as that illustrated by the Sankey diagram in Figure 3.1.2.

3.1.5 Resource Allocation and Timing

Disaggregation techniques should generally, although not always, be first pursued using available data before proceeding to improve the quality of the data or obtain missing or more detailed data through site based techniques

The level of effort required to carry out disaggregation will vary greatly with the type and size of facility and the availability of quality data and the degree of detail to which disaggregation is pursued. It would be wise to set an overall budget for the complete component evaluation activity rather than pursue the study to its final conclusion as it is often difficult to stop the process.

3.2 STAGE II - SIMPLE MEASUREMENT TECHNIQUES

3.2.1 Description of Techniques

Techniques at this stage depend upon either the use of simple instrumentation or on the application of simple calculation models (predictive energy models). Note that "stage" does not imply that such an activity should be carried out after the lower "stage". Indeed such techniques should, where appropriate, be employed along with or in place of some of the preliminary assessment techniques described earlier. In some cases, for example, a simple measurement activity could yield more detailed, accurate information with a lower level of effort than might be obtained through plan/archive analysis.

Specific instrument and analysis techniques for identifying and quantifying component energy flows are catalogued in Appendix 5.3.

3.2.2 Equipment

The equipment required for site testing will vary with the test involved and for specific equipment and system testing such methods are described elsewhere (Systems and Material Performance Class D documents).

For recording overall or component energy flows, conventional data logging equipment with appropriate transducers can be used. A low cost alternative is photographing existing site metering at preset intervals. Run time meters can sometimes be economically applied to determine the operation of key pieces of equipment.

Satisfactory but less informative results can often be obtained by manual readings of utility and other site installed meters. For instance, recording at the beginning and end of every work day can be used to compare average hourly consumptions for occupied and unoccupied periods.

There are no special requirements for analysis methods although in some instances simplified computer models can be economically justified over manual methods.

3.2.3 Detailed Procedures

Instrumentation techniques would typically involve short term, low level monitoring or instantaneous tests. Measurements may be used to determine component energy flows directly by measuring actual energy flows or indirectly requiring further analytical manipulations before the energy value might be determined; e.g. hours of operation of a particular piece of equipment or system.

In the event of a lack of utility billing data, gross energy consumption recordings can be made for incoming energy sources (oil, coal, gas, electricity, chilled and hot water, steam).

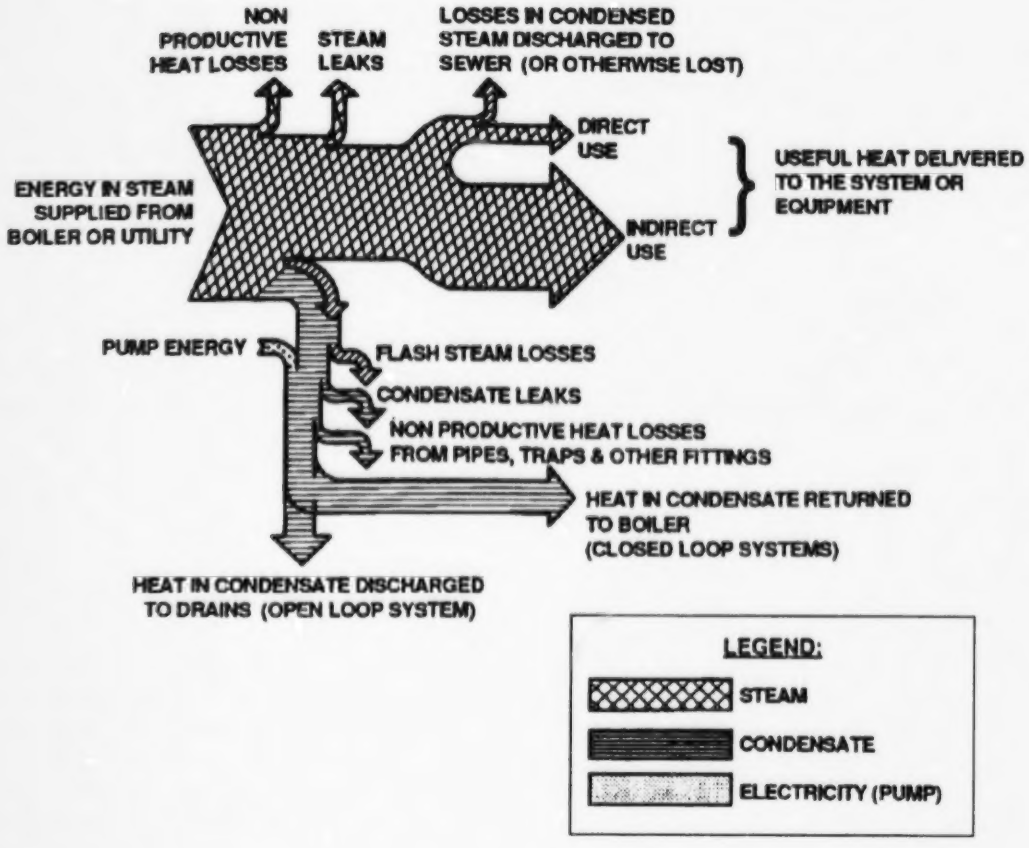


Figure 3.1.2: **An Example of a Detailed Sankey Diagram Illustrating Complex and 'Multi-Form' Energy Flows**

Instrumentation aimed at measuring component energy flows might be carried out specifically for the disaggregation process or alternatively might be carried out by other sciences as part of their activities. In many instances testing, particularly of the indirect nature might be carried out at a system/equipment level (see MECHANICAL SYSTEMS EVALUATION, a Class D Document) which in turn would complement the component analysis. For instance a boiler combustion efficiency test could help define the component energy flow, combustion losses.

3.2.4 Assessment

Component energy flows can be estimated by predicting equipment energy use and comparing the sums of such calculations with the total recorded fuel consumptions or with the values of less disaggregated energy flows obtained by measurement or by true disaggregation methods. Where the two values do not coincide, the calculations or the disaggregation or both need to be re-evaluated until equivalency is obtained.

Component energy flows to systems comprised of equipment with predictable or known schedules of operation, very often pumps and fans fall into this category, can be readily predicted in such a manner, whilst others such as occupant use of lighting cannot. In many cases component use of such equipment as lighting or combinations of equipment, say lighting and miscellaneous power, must be assumed to equal the value left when all other predictable equipment consumptions have been subtracted.

Typically, the analysis methods involved would be simple hand methods such as degree days, equivalent hours of use, and bin methods.

The method can also be applied to other categories of energy use such as attempting to identify the contributions of wall, window, roof, infiltration and ventilation losses, using conventional load calculations, and manual energy estimating techniques.

3.2.5 Resource Allocation and Timing

See section 3.1.5.

3.3 STAGE III - SPECIALIZED IN-DEPTH MONITORING

3.3.1 Description of Techniques

Techniques at this "stage" are similar in intent to those used at Stage II except that they would involve more detailed, complex methods.

In the context of determining the major energy consuming and most wasteful components, in-depth monitoring where this implies a significant level of effort can rarely be justified. On the other hand the use of complex testing methods and detailed energy analysis models can be justified:

1) where such tests or analysis models are being pursued for other (non energy) reasons or

2) where the tests or analysis methods are known to be required in any event or

3) where there is justification for setting up a complex energy model of the building (e.g. where major retrofit work is being seriously considered).

3.3.2 Equipment

Descriptions of such instrumentation methods are described in other D documents; just how such tests can aid the disaggregation process is summarized in Appendix 5.3.

3.3.3 Detailed Procedure

Complex computer models can be used to predict component energy flows, in much the same way as simple analysis methods might, except that they will be able to accommodate overall energy flows and interactions much more successfully. As with simple methods, the results of predicted component energy, or sums of predicted component energy flows should be compared, rationalized and modified as necessary

against available known energy flows as obtained from utility bills, sub–metering or by true disaggregation methods.

Discussion on the use of complex analysis models are contained in the Environmental and Energy Performance Class D document – Energy Performance, Retrofit Evaluation.

4. REFERENCES

1) IES LEM-1-1984, IES LEM-4-1984

2) COWAN, J.D. and JARVIS, I.A. **Component Analysis of Utility Bills: A Tool for the Energy Auditor**. ASHRAE Transactions, 1984, Volume 90, Part 1.

3) SPIELVOGEL, L.G. **One Approach to Energy Use Evaluation**. ASHRAE Transactions, 1984, Volume 9, Part 1.

4) COGINS, J.L. **An Effective Energy Audit: The Flow Sheet Approach**. ASHRAE Journal, June 1976, pp. 58-60

5) COAD, W.J. **Energy Audits I: Components of Energy Use**. Heating/Piping/Air Conditioning, July 1975, pp. 105-106; **Energy Audits II: Components of Energy Use**. Heating/Piping/Air Conditioning, August 1975, pp. 93-97; **Energy Audits III: Components of Energy Use**. Heating/Piping/Air Conditioning, September 1979.

6) WULFINGHOFF, D.R. **Common Sense about Building Energy Consumption Analysis**. ASHRAE Transactions, 1984, Volume 90, Part 1.

7) ALBERN, W.F. **Simultaneous Heating and Cooling - The Undetected Energy Consumer**. ASHRAE Journal, August 1983, pp. 38-39.

5. APPENDICES

5.1 STANDARD TERMS AND UNITS OF MEASUREMENT

Disaggregation (of energy)

The determination and quantification of the components that constitute the energy used in a building.

Regression (Correlation) Analysis Model

A model where the value of the model parameters (the properties of the building and building components) are determined by fit to measured data.

Regression Analysis

Analysis using Regression Analysis Models.

Simulation (Predictive) Model

A model which calculates (predicts) the energy consumption of a building given the properties and use of the building and its components, and a set of climatic data.

5.2 GOVERNING AUTHORITIES AND REGULATION

Few regulatory and voluntary standards organizations have addressed the subject of component energy use although a number such as ASHRAE (STANDARD 90P) have set limits on component loads.

The Illuminating Engineering Society of America is one of the few organizations to have recognized the significance of time variations of load (in effect energy use) and to have responded with a procedure and guideline component energy targets (IES, 1984).

5.3 CATALOGUE OF WEATHER AND OCCUPANCY FACTORS AFFECTING COMPONENT ENERGY FLOWS AND MEANS OF QUANTIFYING THESE EFFECTS BY MEASUREMENT AND/OR ANALYSIS

1. SPACE HEATING

BOILER LOSSES

Boiler losses comprise of:

1) Normally constant jacket heat loss which are present for as long as the boiler plant is left on.

2) Increasing percentage of cycling losses as the load drops (pre and post purge losses, flue loss after firing).

Jacket and cycling losses are eliminated when the boiler plant is shut down.

Steady state flue losses, due to combustion inefficiency, will vary in proportion to the delivered load.

Measurement

Boiler standby losses can be determined by recording fuel consumption when the distribution network has been shut off. This is only possible when water flow can be maintained through the boiler.

Steady state combustion losses can be measured using combustion analysis measurement techniques.

Combine cycling losses and flue losses over any period of time requiring detailed heat balance monitoring of the boiler, which is seldom applicable to most regular building performance evaluations.

Analysis

Either a catalogue seasonal efficiency or seasonal efficiency estimated using a bin method from catalogued part load efficiency and percentage of hours at various loads, can be used for analysis.

DUCT LOSSES

Duct losses (heat and air loss) are nominally constant where the fluid temperature and indoor ambient remains fixed and fans are kept running. Otherwise losses vary with fluid to ambient temperature difference.

To varying degrees the losses will contribute to the useful space heating.

Turning fans off eliminates duct losses.

Measurement

Duct leakage can be measured by sealing all outlets and measuring the flow rate generated by a small fan (a standard commissioning technique).

Because of the small temperature differences involved and the problems of measuring differences in air flow rates along ductwork lengths due to leakage, overall duct heat loss measurement is not practical.

Analysis

Heat loss can be predicted using conventional heat transfer methods although the effort involved is probably rarely justified.

PIPE LOSS

Generally as above except fluid loss is not normally a problem.

HVAC/CONTROL LOSSES

In absolute terms, losses may be:

a) nominally constant over the year,
b) present only when both heating and cooling are available, or
c) present in varying amounts according to outside conditions and internal load variations.

Measurement

An indication of central plant mixing losses (as opposed to zone reheat mixing losses), can be obtained by recording the difference in daily cooling consumption (measure chiller electric) with the central plant heating off some days and on others. Measuring successive temperatures between heating and cooling processes can also identify mixing losses.

'Summer' zone reheating losses can be obtained from the heat consumption when heating is, or should no longer be, required. Extrapolation to the winter reheat heat losses is not however possible, especially with changeover systems such as induction systems.

Losses at terminal equipment can also occur because of damper or control valve losses (e.g. dual duct mixing boxes) and can be identified by inspection or measurement.

Analysis

Multizone, dynamic energy prediction models can be used to predict reheat losses occurring because of zone control needs.

VENTILATION AND HUMIDIFICATION

Energy required for ventilation and humidification is nominally directly proportional to the inside–outside temperature difference and correlates well with heating degree days if the ventilation flow rates remain constant.

Scheduling of ventilation fans or varying fresh air in proportion to the occupancy density has a significant effect on ventilation and humidification energy.

Measurement

Measurement of air flow rates can be used in conjunction with analysis methods to predict ventilation energy. Direct measurement of energy will, in most instances, not be practical.

Analysis

Design flow rates or, preferably measured flow rates, can be used with degree day or more detailed models to "predict" ventilation energy. Prediction of humidification requires calculations involving wet bulb weather data.

CONDUCTION

Nominally directly proportional to inside–outside temperature difference, and normally correlates well with heating degree days. Space setpoint temperature changes: e.g., setback can affect this correlation over the short term (hourly).

Setback practice has a measurable effect on conduction losses, particularly during milder weather.

Measurement

It is NOT normally practicable to measure conduction losses directly although local heat flow monitoring or the measurement of surface temperature by contact or thermographic methods, can help identify thermal anomalies such as missing or wet insulation, thermal bridging and convective air paths.

Analysis

Construction details can be used to calculate envelope component heat loss whilst degree day or more complex methods can be used to estimate annual conduction losses.

INFILTRATION

Infiltration energy losses are nominally proportional to inside–outside temperature differences although the effect of stack action (which increases with inside–outside temperature difference) means that the relationship (energy to temperature difference) is not linear.

Wind speed, and to a lesser extent wind direction, disturb this proportionality.

Occupant use of windows (to counter overheating or for ventilation), traffic flow through doors, and operation of the HVAC system fans (where the outside air supply and exhaust rates are not equal) also disturb this proportionality.

Measurement

Air infiltration energy cannot practically be measured directly. Air leakage rates determined by pressurization or tracer gas techniques can, with the aid of analysis, be used to predict infiltration rate variations and energy losses.

Analysis

Infiltration rates can be predicted from considerations of building parameters although measured data is more accurate. Infiltration rates and subsequent losses can be estimated with degree day or preferably more sophisticated methods.

OVERALL SPACE HEATING CONSUMPTION

Overall space heating can be quantified by the identification of the "winter extra" component of energy use.

2. SPACE AIR CONDITIONING

DUCT LOSSES

Generally as described in 1 except heat losses become heat gains.

PIPE LOSSES

Generally as described in 1 except heat losses become heat gains.

HVAC/CONTROL LOSSES

As described in 1.

VENTILATION

Ventilation energy losses are proportional to inside–outside enthalpy difference and some degree of correlation with wet bulb degree days can be expected if flow rates remain constant.

Measurement

As described in 1.

Analysis

An indication of the relative sizes of the conduction and internal space loads and the ventilation loads can be obtained by comparing the degree of correlation obtained when cooling energy is plotted as functions of wet bulb and dry bulb differences; better correlation with wet bulb data being indicative of a large ventilation cooling load.

See also description under 1.

CONDUCTION

Generally as described in 1 except heat losses become heat gains.

Measurement

As described in 1. Note that it is normally better to measure conduction losses during winter since more extreme temperature differences make measurements more reliable.

Analysis

Generally as described in 1 except heat loss becomes heat gain.

INFILTRATION

As described in 1.

INTERNAL LOADS

Internal load will depend solely on the pattern of use of the building and will have little or no correlation with weather patterns unless lighting is adjusted to daylight levels. Calendar variations in the use of the building will influence internal loads and may cause some loss of correlation of overall consumption with weather patterns.

Measurement

Theoretically it is possible to measure the electrical equipment portion of the internal gains although such a step is rarely practical. Simplified techniques are available for measuring lighting energy consumption (Lighting Energy Monitor) which is in most cases the most significant contributor to internal gains. Occupancy load, which typically in an office might represent up to one–half of the electrical portion, can be ascertained reasonably and simply through an analysis of the building occupancy pattern.

Analysis

The base temperature giving the best correlation of heating consumption with heating degree days can be taken as the building balance temperature from which, knowing the overall heat loss, the average free load (gain) can be estimated. An estimate of the solar gains which also contributes to these free gains would be required in order to arrive at the internal load portion – alternatively, data collected over a period of low sunshine could be used.

SOLAR GAINS

Solar gains are difficult to correlate with any single simple climatic variable and are complicated still further by fixed or movable shading devices.

Measurement

For building evaluation purposes, it is not considered practical to pursue measurement of solar gain.

Analysis

Solar gains can be estimated with acceptable accuracy using hand methods or preferably, for ease and speed, by computer methods utilizing hourly algorithms.

OVERALL SPACE AIR CONDITIONING

Can be quantified by identification of the "summer extra" component of energy use (refer to main text).

3. DOMESTIC HOT WATER

Heating required for domestic hot water (dhw) will vary somewhat with the time of year as the temperature of the cold or supply water changes. For example, for Ottawa, measured mean temperatures of 5°C (Feb.–March) and 15°C (Aug., Sept., Oct.) have been obtained. This represents a difference of some 20 percent between winter and summer heating requirements (based on a storage temperature of 50°C).

Variations in cold supply water temperature will also vary greatly on an hourly basis depending on the actual use of hot water and the volume of water in the cold water make up line running through a heated space.

Seasonal changes in water use habits, seasonal changes in water heating equipment and scheduling of circulating pumps, can also complicate energy usage patterns.

Measurement

An integrating flow meter installed in the cold water make up can be used to measure the amount of hot water consumption. For electric and self-contained gas- and oil-fired equipment, the overall energy consumed for water heating purposes can be measured at a reasonable cost. For combined heat and dhw systems and systems sharing the same metered fuel source, the metered summer heating fuel demand can sometimes be used to identify dhw heating energy although caution must be exercised to ensure all heating (including re-heat) is isolated and that the heating fuel is not used for other purposes, for example, cooking. A combustion efficiency test can be carried out to check fossil-fired equipment combustion efficiency.

For separate dhw systems, estimates of distribution losses can be made by measuring the dhw heating system energy use over a short period when there is no hot water usage and extrapolating the results to obtain an annual picture.

Analysis

Based on measured energy and water consumption and making assumptions of the temperature of hot water at the point of use, the overall system efficiency can be estimated. Having made measurements of combustion efficiency, or using 100% for electric systems, estimates of storage and pipework losses can be made.

Analysis based on predicted water consumption rates and overall system efficiency can lead to rather inaccurate results.

4. FAN ENERGY

Fan energy can be assumed to be fairly constant throughout the year except where:

i) there are VAV systems;
ii) fans are cycled to meet heating and cooling demands;
iii) changes in the use of or to the operation of the system fans on a seasonal basis (e.g. HVAC fans run continuously during heating season and are off during unoccupied periods between spring and fall).

Measurement

Electrical consumption could be measured directly although in most cases the expense could not be justified. Measurements of running power consumption and the use of run time meters offer a simpler and less costly solution for fans with constant loads. Duct friction losses can be measured by taking pressure and flow measurements at the fan.

Analysis

Simple analysis methods can be reasonably applied to predict fan consumption where loads are constant and the schedule of operation is known. It is advisable to know the actual motor load rather than basing calculations on the frame HP since motors are seldom fully loaded. In the event the actual load is not known, take 90% of the frame HP value, or estimate load based on measured or assumed air flow rates, fan static pressure and catalogued fan characteristics. Pressure drops can be calculated using standard duct sizing principals but it is quicker and more reliable to take measurements. Detailed bin or hourly methods will be required to predict fan consumption in VAV systems or where fans are cycled to meet space heating and cooling demands.

5. PUMP ENERGY

Pump energy can be assumed to be fairly constant throughout the year or throughout the pump(s) operating period unless variable volume or staged pumping is employed. The major exception to this is condenser water pumps which when there is a large height difference between the chiller and the cooling tower, can be turned off in periods of light demand during which time reliance is placed on gravity circulation. One can also expect some degree of seasonal variation when temperature control is entirely by means of throttle valves; i.e. when the flow rate and hence pump operating point become weather dependent.

Measurement

Generally as for 4 (FANS).

Analysis

Generally as for 4 (FANS).

6. LIGHTING

Lighting is highly user dependent but unless occupancy and use changes significantly over the year the average lighting load, say on a month to month basis, should remain fairly constant over the year. Exceptions to this generality would occur where automatic controls have been installed to dim or switch lighting with the availability of daylighting or where the building occupants carry out similar functions manually.

Measurement

Lighting energy can be measured directly using recording kWh or ammeters to obtain profiles of lighting use, or by using an integrating kWh meter to obtain overall power consumption. The cost of recording lighting energy in such a way is, however, not very practical since in most cases it would involve the measurement of very many individual lighting circuits.

Time lapse photography or the use of "Lighting Energy Monitors" can also be applied to study patterns of lighting use.

The amount of electric light energy that usefully contributes to the heating of the building can be estimated if the number of hours the building operates above its balance temperature is calculated.

Analysis

Lighting energy consumption can be predicted where the installed lighting load is known (or calculated from the number of fixtures) and where a reasonable estimate of the actual use of lighting can be made. The sum of individual estimates of the lighting pump, fan and miscellaneous energy use can be cross-checked against the total "base load" electric consumption in order to give some idea of the overall confidence of the individual estimated assumptions.

For non electrically heated buildings, a comparison of the overall electrical load factor during the period of time when there is no cooling with typical or target load factors can give some idea of the amount of "discretionary" electrical usage in the building (i.e. whether lighting and other user occupant controlled loads run longer or shorter hours than a typical well controlled building).

The amount of electric light energy that usefully contributes to the heating of the building can be estimated if the number of hours the building operates above its balance temperature is calculated.

5.4 BUILDING PERFORMANCE EVALUATION DOCUMENT LIST

Documents in this series have been divided into four classes. Class A documents describe the use of documents in the other three classes. Class B is a catalogue of tests which includes an index and cross reference list. Class C documents provide an overview of the three performance areas and summarize the Class D documents in the respective area. Class D documents contain descriptions of performance attributes and detail means of assessing those attributes.

	A1	Project Manager's Guide
	A2	Property Manager's Guide
	B1	Catalogue of Tests
Overviews	C1	Environmental and Energy Performance
	C2	Functional Performance
	C3	Systems and Material Performance
Environmental and Energy Performance	D01	Pollutant Evaluation
	D02	Pollution Migration
	D03	Thermal Environment Evaluation
	D04	Global Evaluation: Energy Performance
	D05	Component Evaluation: Energy Performance
	D06	Equipment and Systems Evaluation: Energy Performance
	D07	Retrofit Evaluation: Energy Performance

	D08	Acoustic Environment Evaluation
	D09	Air Circulation Evaluation
	D10	Illumination Evaluation
	D11	Weather Data Collection
Functional Performance	D20	Record and Archive Analysis
	D21	Plan Annotation
	D22	Focused Interviews
	D23	Questionnaires
	D24	Observation
Systems and Material Performance	D30	Structural Walls and Columns: Condition Survey
	D31	Structural Slabs and Roofs: Condition Survey
	D32	Parking Garages: Condition Survey
	D33	Mechanical Systems Evaluation
	D34	Mechanical Controls Evaluation
	D35	Electrical Systems Evaluation
	D36	Airtightness and Pressure Monitoring
	D37	Measurement of Outdoor Air Supply Rate
	D38	Thermographic Inspections of Building Enclosures
	D39	Thermal Resistance Measurement
	D40	Moisture Content Inspections
	D41	Roofing Systems Evaluation

Travaux publics Canada
Services d'architecture et de génie

Public Works Canada
Architectural and Engineering Services

Série sur l'évaluation du rendement des immeubles

Évaluation des secteurs de consommation: rendement énergétique

Document D05

Canada

Série sur l'évaluation du rendement des immeubles

Évaluation des secteurs de consommation: rendement énergétique

Document D05

SAG 1-4:86-25

mars 1988

Les sujets traités dans ce document représentent les points de vue des auteurs et ne sont pas nécessairement les points de vue ou toutes lignes de conduite du département des Travaux publics.

Le ministre des Travaux publics ne fait aucune recommandation ou n'endosse sous quelque forme que ce soit, exprimée ou tacite, cette publication ou les programmes ou l'information qu'elle contient quant à la qualité, la commercialisabilité, l'adéquation à une fin particulière ou la capacité à produire un résultat quelconque. En aucun cas, le Ministre ou Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, ses employés, fonctionnaires ou agents gouvernementaux ne peuvent être tenus légalement responsables à l'égard de quiconque pour un préjudice direct, indirect ou découlant de l'utilisation de ladite publication ou des programmes ou de l'information y contenus.

Publiés par les Services d'architecture et de génie
Travaux publics Canada

Travaux publics Canada | Public Works Canada

FICHE SIGNALÉTIQUE DE DOCUMENT

1. Titre du document ÉVALUATION DES SECTEURS DE CONSOMMATION : RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE	2. Numéro de contrôle AES/SAG 1-4:86-25
	3. Date Mars 1988
4. Auteur(s) Leslie Jones & Associates	5. No de réf. du conseil
6. Chargé de projet	7. No de la collection technique D05
8. Nom et adresse de l'organisme rédacteur Division du rendement des immeubles, T.P.C. Local C-456, Édifice Sir Charles Tupper Promenade Riverside, Ottawa, Ontario, K1A 0M2 Téléphone: (613) 998-7830	9. Type de document Lignes directrices
	10. Nombre de pages 32
11. Nom et adresse de l'organisme promoteur Technologie du design, de la construction et de l'immobilier Programmes de soutien à la gestion immobilière fédérale Logement	12. No de dossier de TPC A4270-16
	13. No de projet de TPC 602055
14. Notes Toutes questions ou commentaires doivent être dirigés à l'organisme rédacteur, se référer à 8 ci-haut.	15. No de publication de ASC
	16. ISBN

17. Résumé

Ce document évaluant le rendement des immeubles décrit des opportunités pour conserver l'énergie à partir d'une évaluation des secteurs de consommation énergétique. Cette procédure fait suite à l'évaluation globale et précède à l'évaluation des installations et systèmes. Elle développe une profil de la répartition des secteurs de consommation énergétique de façon à déterminer la quantité d'énergie utilisée ou perdue. Ces secteurs peuvent être définis comme des sources générales d'énergie (l'huile à chauffage et l'éclairage), ou comme des catégories plus vastes (les systèmes de chauffage et d'éclairage), ou encore comme des items plus spécifiques (l'éclairage de stationnement et la consommation des refroidisseurs. Des méthodes de répartition et de calcul pour la mesure d'énergie sont données dans ce document; des changements d'horaire sont suggérées comme méthode principale d'économie d'énergie. De l'information supplémentaire est donnée aux annexes pour des calculs d'énergie utilisé. Finalement, cette évaluation identifie les zones à efficacité énergétique réduite et/ou revise les résultats de d'autres évaluations.

18. Diffusion Exemplaires disponibles: Centre de documentation Services d'architecture et de génie Travaux publics Canada Édifice Sir Charles Tupper Promenade Riverside Ottawa, Ontario K1A 0M2	19. Mots clés	
	20. No de catalogue du centre de documentation BP D05	21. Prix

TABLE DES MATIÈRES

	PRÉFACE	*vii*
1.	**INTRODUCTION**	*1*
1.1	But et objectifs	*1*
1.2	Information de base	*1*
2.	**DÉLIMINATION DU SUJET**	*6*
2.1	Cadre général	*6*
2.1.1	Influences du climat sur la consommation d'énergie	*7*
2.1.2	Influences des caractéristiques de fonctionnement des systèmes/installations et du mode d'occupation du bâtiment sur la consommation d'énergie	*7*
2.2	Limites des techniques d'évaluation	*8*
3.	**MÉTHODOLOGIE**	*10*
3.1	Étape I – Évaluation préliminaire (Introduction)	*10*
3.1.1	Description des techniques	*10*
3.1.2	Équipement	*10*
3.1.3	Démarche détaillée	*10*
3.1.3.1	Distinction entre les secteurs de consommation d'énergie sensibles ou non-sensibles aux conditions climatiques	*10*
3.1.3.2	Détermination, au moyen de techniques de régression, de l'influence des conditions climatiques sur la consommation d'énergie	*11*
3.1.4	Évaluation	*12*
3.1.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	*15*
3.2	Étape II – Techniques simples de mesure	*15*
3.2.1	Description des techniques	*15*
3.2.2	Équipement	*15*
3.2.3	Démarche détaillée	*16*
3.2.4	Évaluation	*16*
3.2.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	*17*
3.3	Étape III – Monitorage détaillé et spécialisé	*17*
3.3.1	Description des techniques	*17*
3.3.2	Équipement	*17*
3.3.3	Démarche détaillée	*18*

4.	**RÉFÉRENCES**	*19*
5.	**ANNEXES**	*20*
5.1	Termes et unités standards de mesure	*20*
5.2	Autorités compétentes et réglementation applicable	*20*
5.3	Liste des facteurs d'ordre climatique et de service (degré d'occupation) influant sur les divers secteurs de consommation (flux d'énergie), et des moyens (mesure, comptage et analyse) permettant de quantifier ces répercussions	*20*
5.4	Liste de documents évaluant le rendement des immeubles	30

LISTE DES FIGURES

1.2.1	Diverses présentations graphiques des composantes simples des flux d'énergie	*4*
1.2.2	Séparation de la consommation d'énergie en composantes sensibles ou non-sensibles aux conditions climatiques	*5*
2.1.1	Représentation graphique – Consommation d'énergie en périodes d'occupation et d'inoccupation (contrôle sur une courte période)	*9*
3.1.1	Non linéarité "consommation combustible/degrés-jours" résultant d'un faible rendement de la chaudière en fonctionnement à charge partielle	*13*
3.1.2	Exemple d'un diagramme Sankey détaillé illustrant des flux d'énergie complexes et "multiformes"	*14*

LISTE DES TABLEAUX

1.2.1	Exemple de répartition de la consommation d'énergie en ses secteurs composants.	*2*

PRÉFACE

L'évaluation des secteurs de la consommation globale d'énergie d'un bâtiment, c'est en fait l'établissement d'une répartition de la consommation énergétique du bâtiment considéré. Cette évaluation détermine la quantité d'énergie consommée (effectivement utilisée ou simplement perdue) par les différents secteurs entrant dans la construction du bâtiment ou s'y trouvant, y comprenant l'enveloppe, les chaudières ou générateurs de vapeur, les refroidisseurs, les ventilateurs, les pompes et les systèmes d'éclairage.

Une telle évaluation permet de voir jusqu'à quel point ces flux d'énergie sont raisonnables, compte tenu de la qualité des conditions ambiantes maintenues dans le bâtiment. On procède habituellement à l'évaluation de ces secteurs de consommation après avoir effectué une évaluation globale de la consommation énergétique du bâtiment et avant de procéder à une évaluation détaillée des faiblesses spécifiques aux équipements et aux installations de ce même bâtiment. L'évaluation de la consommation totale d'énergie d'un bâtiment et les évaluations de la consommation des systèmes et installations qui s'y trouvent font l'objet d'autres documents de la classe D.

L'établissement d'une telle répartition pour la consommation d'énergie permet d'obtenir un modèle simple du bâtiment considéré, lequel peut ensuite être utilisé aux fins d'évaluation des diverses possibilités d'amélioration des secteurs, systèmes et installations, améliorations qui permettraient de réduire la consommation d'énergie, ou encore aux fins de vérification des prévisions effectuées avec des modèles plus complexes. L'évaluation des divers secteurs de consommation d'énergie d'un bâtiment permet d'obtenir certaines données nécessaires à l'évaluation des mesures qui pourraient être prises en vue d'améliorer, de façon rentable, l'efficacité énergétique du bâtiment visé, ce qui est en fait l'étape finale du processus d'évaluation en matière d'énergie. Se reporter au document de la classe D intitulé Évaluation des améliorations.

1. INTRODUCTION

1.1 BUT ET OBJECTIFS

L'analyse des divers secteurs de la consommation globale d'énergie d'un bâtiment permet de déterminer l'ampleur des flux d'énergie propres à chacun de ces secteurs. Voici les principaux objectifs d'une telle analyse.

1) Permettre d'identifier les principaux secteurs de consommation d'énergie, de déceler les inefficacités et, à partir de là, de déterminer les améliorations à apporter et d'évaluer la rentabilité des mesures d'économie d'énergie.
2) Servir de moyen de vérification des calculs et des modèles énergétiques ou encore aider à mettre au point de tels moyens de vérification.

L'analyse sert donc, dans un premier temps, à cerner les secteurs plus prometteurs d'économie d'énergie en vue d'une évaluation ultérieure. Le maintien de bonnes conditions d'ambiance doit toutefois être gardé en tête lorsqu'on se penche sur les problèmes de consommation d'énergie et qu'on évalue les possibilités d'économie en ce sens.

L'analyse sert également, dans un deuxième temps, d'outil de travail qui pourra être utilisé tout au long du processus d'évaluation. Par exemple, elle permet d'effectuer une étude comparative d'uniformité entre, d'une part, la répartition théorique par secteurs de la consommation globale d'énergie qui est obtenue au moyen de modèles détaillés ou de techniques en calcul manuel utilisées pour l'évaluation des améliorations et, d'autre part, la répartition pratique, obtenue par la séparation des composantes lors de la répartition de la consommation d'énergie.

La méthode de répartition fournit des données de base qui permettent d'évaluer l'effet des différentes améliorations qui pourraient être apportées aux éléments composants, et ce, du fait qu'elle fournit une foule de renseignements secondaires comme, par exemple, les heures d'éclairement, les pertes de chaleur par l'enveloppe du bâtiment et celles imputables à la régulation des systèmes et installations, renseignements qui définissent les paramètres de modèles de calcul simples mais fiables. De tels renseignements sont une aide précieuse à la création de larges modèles détaillés du bâtiment et de ses systèmes énergétiques.

1.2 INFORMATION DE BASE

La consommation globale d'énergie d'un bâtiment peut être répartie en quelques composantes (Figure 1.2.1) ou en plusieurs composantes (Tableau 1.2.1). Les répartitions détaillées sont beaucoup plus avantageuses du fait qu'elles sont directes et plus spécifiques en ce qui concerne les secteurs de consommation d'énergie et permettent de mieux voir les possibilités d'amélioration des éléments en vue de favoriser des économies d'énergie. Bien entendu, plus une répartition énergétique est détaillée, plus elle est longue à réaliser; toutefois, en contrepartie, elle est plus précise et permet d'obtenir un profil plus représentatif de la consommation d'énergie.

Différents degrés de séparation peuvent être répartis selon l'utilisation à laquelle le profil est présenté. Lorsqu'on veut identifier les différents secteurs de consommation d'énergie aux fins d'études ultérieures, un faible degré de répartition est suffisant; par contre, lorsque le modèle doit servir à l'analyse des possibilités d'amélioration des éléments ou des systèmes, alors un degré de répartition plus élevé est nécessaire. Par exemple, une des répartitions énergétiques les plus simples qui puisse se faire avec un risque minimal d'erreurs, c'est la subdivision de la consommation d'énergie en types de source d'énergie, puis, à l'intérieur de cette subdivision, en composantes sensibles et non-sensibles aux conditions climatiques (charge de base) (voir la figure 1.2.2). Une telle subdivision, toutefois, ne nous renseigne pas beaucoup sur les secteurs spécifiques de gaspillage d'énergie et sur la rentabilité des mesures d'économie qui pourraient être prises. De plus, pour certains types d'appareils ou d'installations, elle établit des limites contraignantes à la consommation d'énergie où cette même énergie peut être totalement, partiellement ou nullement dépendante du climat.

Tout aussi importantes sinon plus importantes sont les évaluations sur de courtes périodes des flux d'énergie propres à chaque secteur: heure par heure ou jour par jour. Les plus importantes et les plus rentables économies d'énergie ont presque toujours été réalisées par l'établissement d'une relation étroite entre le fonctionnement des appareils et installations et la régulation d'ambiance aux heures ou périodes d'occupation du bâtiment. Il est important de connaître, par exemple, la demande énergétique au cours d'une période d'occupation par rapport à celle d'inoccupation, d'autant plus lorsqu'on se rend compte que le nombre d'heures d'occupation d'un immeuble à bureaux est en général deux fois moindre que le nombre d'heures d'inoccupation.

1. CHAUFFAGE DE L'ESPACE
   - i) Conduction
   - ii) Ventilation
   - iii) Infiltration
   - iv) Humidification
   - v) Pertes par distribution
   - vi) Pertes par contrôle
   - vii) Pertes par production

2. CONDITIONNEMENT D'AIR DE L'ESPACE
   - i) Conduction
   - ii) Ventilation (sensible)
   - iii) Infiltration (sensible)
   - iv) Chaleur latente
   - v) Apport solaire
   - vi) Charges interne
   - vii) Pertes par distribution
   - viii) Pertes par contrôle
   - ix) Pertes par production

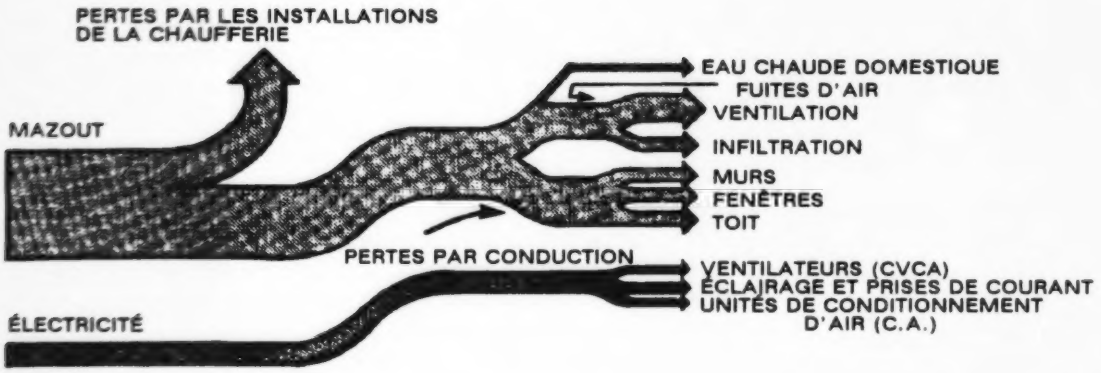
3. EAU CHAUDE DOMESTIQUE
   - i) Énergie utile (livrée)
   - ii) Pertes du réservoir par distribution

4. ÉNERGIE DU VENTILATEUR
   - i) Pertes par frottement
   - ii) Pertes par transmission
   - iii) Pertes causées par le moteur

5. ÉNERGIE DE POMPAGE
   - i) Pertes par frottement
   - ii) Pertes par entraînement
   - iii) Pertes causées par le moteur

6. ÉCLAIRAGE	7. DIVERS
i) Consommation d'électricité ii) Apport énergétique iii) contribuant au chauffage de l'espace Apport énergétique nécessitant un refroidissement pour le système mécanique	i) Ascenseurs, monte-charge ii) et escaliers mécaniques iii) Installations destinées à la iv) fonte de la neige Équipement portatif Prises pour radiateurs en blocs

Tableau 1.2.1: Exemple de répartition de consommation d'énergie en ses secteurs composants



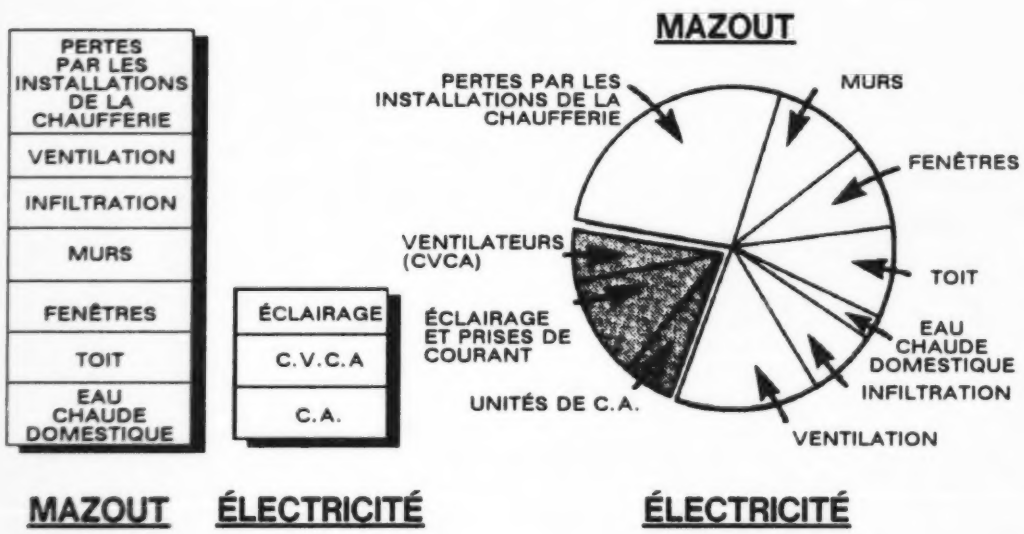


Figure 1.2.1: **Diverses présentations graphiques des composantes simples des flux d'énergie**

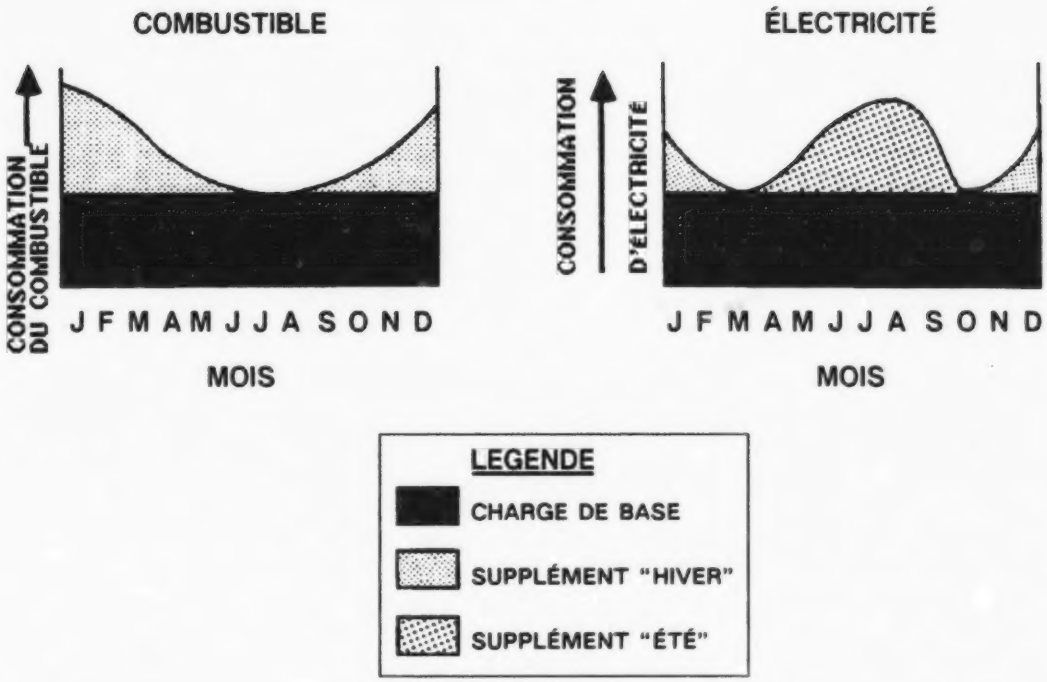


Figure 1.2.2: **Séparation de la consommation d'énergie en composantes sensibles ou non-sensibles aux conditions climatiques**

2. DÉLIMITATION DU SUJET

2.1 CADRE GÉNÉRAL

Pour effectuer une ventilation de la consommation globale d'énergie d'un bâtiment, on devrait utiliser tous les documents et renseignements disponibles, à savoir :

1) les relevés de consommation d'énergie des compagnies de distribution;
2) les plans et le devis de construction du bâtiment;
3) les carnets d'exploitation, particulièrement ceux qui se rapportent à la consommation d'énergie;
4) les renseignements tirés de discussions avec les occupants et le personnel d'exploitation du bâtiment.

Dans certains cas, un contrôle sur place plutôt qu'une étude des données existantes peut permettre d'avoir un bon aperçu des méthodes d'exploitation d'un bâtiment, aperçu qui pourrait sans doute être obtenu par d'autres moyens, mais avec des résultats moins précis, moins sûrs et possiblement plus coûteux à obtenir. Dans d'autres cas, des études et/ou des analyses complexes peuvent être justifiées.

On peut dresser un profil de la répartition de la consommation d'énergie d'un bâtiment en utilisant une ou plusieurs des trois principales méthodes suivantes.

1) La méthode de répartition proprement dite, où l'on part du flux d'énergie global qu'on subdivise ensuite en flux individuels au moyen de techniques de régression et de profils d'identification.

2) La méthode de prévision, où l'on émet d'abord des hypothèses concernant le bâtiment et ses installations à partir de laquelle on prédit les flux d'énergie global et individuels; on compare ensuite ces prévisions avec les données connues pour vérifier la validité des hypothèses émises au départ.

3) La méthode de contrôle sur place des composantes du flux d'énergie.

On arrive souvent à de très bons résultats en combinant ces trois méthodes et en les utilisant séparément, on peut comparer les résultats obtenus avec chacune d'entre elles.

Séparément et conjointement, les conditions climatiques, le mode d'exploitation et les conditions d'utilisation des installations et systèmes d'un bâtiment influent sur la consommation d'énergie des différents secteurs de consommation de ce même bâtiment. Pour cette raison, il est particulièrement difficile d'établir un profil de répartition de la consommation d'énergie au moyen de la seule méthode de répartition proprement dite. Il est important, toutefois, de prendre en considération et de bien comprendre l'effet de ces éléments extérieurs au moment de dresser un profil de répartition de la consommation d'énergie. Les articles ci-après de même que l'annexe fournissent quelques connaissances sur les effets que le climat et les modes d'exploitation des installations peuvent avoir sur les composantes du flux d'énergie.

2.1.1 Influences du climat sur la consommation d'énergie

Il importe de déterminer la sensibilité des secteurs de consommation au climat, principalement dans le but de comprendre l'influence des paramètres extérieurs tels les températures au bulbe sec et au bulbe humide, l'ensoleillement ou la vitesse du vent sur la consommation d'énergie. Des études en ce sens pourraient porter sur de longues périodes (par exemple, examen des relevés pour connaître la consommation annuelle), ou sur de courtes périodes (par exemple, détermination des effets sur la consommation horaire) ou encore sur des périodes se situant entre ces deux extrêmes. Les effets à long terme peuvent varier de façon continue, comme par exemple la consommation d'énergie de chauffage étant étroitement liée aux variations des conditions extérieures, ou de façon saisonnière, entendons ici l'alternance de fonctionnement des appareils de chauffage et de refroidissement respectivement en période froide et en période chaude. L'établissement d'une corrélation entre certaines conditions extérieures et le flux d'énergie global permet, en fin de compte, d'évaluer l'importance de certains flux d'énergie particuliers. Par exemple, si de fortes consommations d'énergie coïncident avec des conditions de vents forts, alors on pourrait soupçonner que les infiltrations d'air influent considérablement sur la charge calorifique globale du bâtiment.

2.1.2 Influence des caractéristiques de fonctionnement des systèmes/installations et du mode d'occupation du bâtiment sur la consommation d'énergie

Après une certaine période de temps, il est pratiquement impossible de discerner les effets des caractéristiques de fonctionnement des systèmes et installations de ceux des conditions climatiques sur la consommation d'énergie d'un bâtiment, il est important de recueillir des données sur une base correspondant à des périodes de profils différents d'occupation/inoccupation du bâtiment ou d'utilisation et de fonctionnements des systèmes et installations. À moins de pouvoir obtenir de tels renseignements par l'examen des carnets d'exploitation, il faudra procéder à un certain contrôle sur place. Un tel contrôle peut être plus ou moins détaillé, plus ou moins sophistiqué et être effectué sur de longues ou de courtes périodes. Habituellement, plus le contrôle est détaillé et plus la période de contrôle est longue, plus les données sont "fiables"; toutefois, rendu à un certain point, cela n'est plus rentable. L'idéal serait d'effectuer des contrôles sur de courtes périodes d'une ou de deux semaines environ à chaque saison mais dans la plupart des cas, il est impossible de consacrer autant de temps à de tels contrôles. Toutefois, un tel monitorage serait clairement utile à la détermination des anomalies, reliées au climat saisonnier et au contrôle systématique.

Dans le cas de la majorité des grands bâtiments, des contrôles horaires de la consommation d'électricité et de combustible effectués sur une période d'une ou de deux semaines peuvent être justifiés; de tels contrôles peuvent alors permettre d'obtenir au moins un profil général de la corrélation entre le fonctionnement des appareils et installations et les périodes d'occupation/inoccupation du bâtiment. La période de contrôle devrait couvrir des jours ouvrables et des weekends. On peut se rendre compte, en examinant la figure 2.1.1, que le bâtiment A se prête mieux que le bâtiment B à des possibilités d'économies d'énergie PEE (Energy Conservation Opportunities – ECOs) par établissement d'un horaire de fonctionnement des systèmes et installations du bâtiment en fonction des périodes d'occupation/inoccupation. Cette méthode de

contrôle sur place permet, dans le cas de l'électricité par exemple, de déterminer les possibilités de limiter la puissance appelée à une valeur donnée. Dans certains cas, l'examen de données à long terme permet d'avoir une idée des caractéristiques de fonctionnement des systèmes et installations du bâtiment. Pour un cas particulier, on peut calculer le facteur de charge électrique correspondant au pourcentage de la consommation d'électricité non-sensible au climat et le comparer à un facteur de charge cible, c'est-à-dire établi pour un bâtiment dont l'horaire de fonctionnement des systèmes et installations est étroitement lié aux périodes d'occupation/inoccupation de ce dernier. On peut établir le facteur cible en se basant sur les heures d'exploitation du bâtiment ou encore prendre un facteur cible ayant déjà été établi pour des bâtiments de même type et dont l'efficacité énergétique est reconnue.

2.2 LIMITES DES TECHNIQUES D'ÉVALUATION

Les seules limites à la précision de la méthode de répartition de la consommation globale d'énergie d'un bâtiment sont le temps et l'effort qu'on est prêt à consacrer aux différentes études ou différents contrôles. Toutefois, il existe des limites d'ordre pratique et, en général, il est inutile d'effectuer des séparations détaillées et précises au cours des premières étapes d'évaluation du rendement des immeubles, alors que le principal objectif, à ce stade, est de découvrir les secteurs particuliers éprouvant de sérieux problèmes d'efficacité énergétique.

Plusieurs séparations détaillées et précises peuvent toutefois s'avérer très utiles lorsqu'on doit se reporter aux résultats d'une telle répartition pour évaluer l'effet des améliorations qu'on veut apporter. Ainsi, dans de tels cas, seuls les secteurs que l'on envisage modifier pourraient être étudiés au lieu d'étudier le bâtiment entier.

Lorsque le seul moyen d'établir un profil de répartition de la consommation d'énergie d'un bâtiment est de procéder à l'analyse des données de relevés de consommation existants, il est bien certain que le degré de précision de la répartition ne peut être aussi élevé.

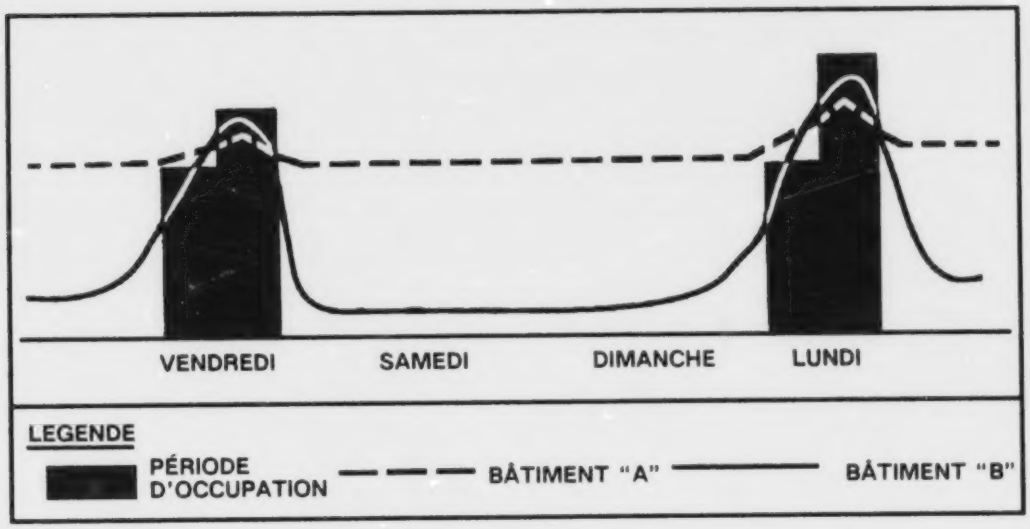


Figure 2.1.1: Représentation graphique – consommation d'énergie en périodes d'occupation et d'innocupation (contrôle sur une courte période)

On peut voir ici qu'il existe une plus grande corrélation entre la consommation d'énergie et les périodes d'occupation/inoccupation du bâtiment dans le cas du bâtiment B que dans le cas du bâtiment A, où les possibilités d'économie d'énergie en ce sens sont très grandes.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 ÉTAPE 1 – ÉVALUATION PRÉLIMINAIRE (INTRODUCTION)

3.1.1 Description des techniques

À ce stade, les techniques utilisées se limitent à l'étude des données facilement disponibles, surtout celles tirées des relevés de consommation d'énergie et des factures; toutefois, tout ce qui est observé et relevé au cours d'une période de contrôle (déroulement des opérations, façons de procéder, activités des occupants) pourrait très bien être utilisé pour obtenir une répartition plus précise. Les résultats d'une telle démarche seront d'autant plus révélateurs si l'évaluation des secteurs de consommation est effectuée au préalable. Le problème ne se pose pas si l'évaluation préliminaire des secteurs est suivie par d'autres évaluations plus détaillées, cela en vue d'obtenir un modèle complexe de consommation d'énergie.

Les données à court terme qu'on trouve dans les relevés existants peuvent être analysées d'une façon générale, selon ce qui est indiqué à l'étape II intitulée Techniques simples de mesure.

3.1.2 Équipement

Aucun appareil ni instrument particulier n'est nécessaire.

3.1.3 Démarche détaillée

3.1.3.1 Distinction entre les secteurs de consommation d'énergie sensibles ou non-sensibles aux conditions climatiques

Il est important d'établir des profils de consommation annuelle (voir figure 1.2.2) dans le cas de toutes les sources d'énergie utilisées dans un bâtiment considéré; l'établissement d'un profil de la demande d'énergie est également souhaitable. Ces profils peuvent normalement être établis à partir des données des entreprises de distribution, de celles qu'on trouve dans les relevés de consommation qu'on garde sur place, ou les deux. Naturellement, l'irrégularité des périodes de facturation, l'imprécision des montants facturés du fait que ce sont souvent des montants estimés et non pas des montants réels ainsi que les incertitudes quant aux quantités de combustibles liquides et solides livrées peuvent poser certains problèmes lorsqu'il s'agit d'établir des courbes précises de consommation.

Pour ce qui est de la consommation de combustible, on peut considérer comme charge de base la consommation enregistrée durant les mois d'été (ou le(s) mois durant le(s)quel(s) la consommation est la plus faible). La consommation d'énergie dépendante du climat correspond à la consommation totale moins la charge de base. Cette méthode de calcul peut être considérée comme fiable lorsque la demande d'énergie est nulle en été ou s'il n'existe aucune possibilité de perte de chaleur imputable à la régulation (chauffage et refroidissement simultanés, par exemple). Une attention particulière doit être apportée à l'évaluation de la charge de base lorsque en été les profils d'occupation du bâtiment ou d'utilisation des systèmes et des installations sont très différentes de ceux prévus ou établis pour la période d'hiver. C'est le problème qu'on retrouve dans les écoles et les universités.

Dans le cas de l'électricité, la charge de base approximative pourrait correspondre à la consommation et à la demande enregistrées au printemps et à l'automne. Ceci ne vaut que si aucuns appareils de chauffage électrique, aucuns appareils de chauffage connexe ni aucuns appareils de refroidissement ne fonctionnent au cours de ces périodes. Il arrive souvent que ce ne soit pas le cas; il est nécessaire alors d'essayer d'évaluer la consommation d'énergie de ces appareils afin de ne pas l'inclure dans la charge de base. Le problème se pose moins dans les bâtiments non dotés d'installations de refroidissement. Toutefois, même là, la différence de profil d'occupation pour la période d'été peut créer certaines difficultés.

Dans plusieurs cas, une connaissance du matériel installé et du profil d'exploitation de ce matériel peut faciliter la répartition des secteurs dont la consommation d'énergie est dépendante ou non-dépendante du climat. Toutefois, l'idéal serait de pouvoir se servir des résultats d'analyse de ces mêmes secteurs de consommation pour vérifier si les hypothèses émises à propos du fonctionnement du matériel sont bien fondées.

3.1.3.2 Détermination, au moyen de techniques de régression, de l'influence des conditions climatiques sur la consommation d'énergie

La plus simple des techniques de régression consiste à relier différents points par une ligne la plus droite possible. Cette analyse peut se faire à l'aide de plusieurs logiciels ou de calculatrices manuelles. Il est même possible de la faire à la main en traçant sur papier les résultats obtenus et en les reliant, à l'oeil, par une ligne droite.

Les techniques de régression linéaire simples permettent d'analyser les variations de consommation d'énergie de chauffage et même, jusqu'à un certain point toutefois, les variations de consommation d'énergie de refroidissement par rapport aux variations des conditions climatiques. Habituellement, le paramètre utilisé pour les conditions climatiques est le degré-jour, bien que dans le cas de conditions climatiques douces (faible demande de chaleur ou de froid), le degré-heure permet d'obtenir de meilleurs résultats (voir J. Peach, 1977).

La corrélation entre les variations de la consommation d'énergie de chauffage (ou de refroidissement) et les variations des conditions climatiques (degrés-jours/heures) peut être établie au moyen de techniques de régression basées sur le paramètre degrés-jours/heures à différentes températures de base. Cette température de base est la plus appropriée donnant une indication de la quantité des apports gratuits utiles (apports interne et solaire) et de là, la température d'équilibre du bâtiment. Une température d'équilibre trop élevée peut être l'indication d'une perte de chaleur significative, imputable à la régulation (par exemple, chauffage et refroidissement simultanés).

En principe, il est rare qu'on obtienne une courbe parfaitement linéaire; les problèmes de certaines données de consommation ou encore de certaines caractéristiques du bâtiment lui-même feront qu'on s'écartera plus ou moins de la courbe linéaire. Les écarts observés peuvent en fait donner des indices sur des flux d'énergie particuliers. Toutefois, l'analyse de ces indices, dans la plupart des cas, relève plus de l'art que de la science. On peut voir à la figure 3.1.1 (corrélation consommation de combustible et

perte de chaleur pour un bâtiment hypothétique) comment un écart par rapport à la linéarité peut donner certains indices à propos des flux d'énergie. La base de calcul de la perte de chaleur est le degré-jour; la perte de chaleur est donc linéaire par rapport à ce paramètre. La consommation, toutefois, n'est pas linéaire par rapport au paramètre degré-jour du fait que le rendement de la chaudière n'est pas linéaire sur toute la plage de son fonctionnement. Une droite linéaire est l'indication d'un bon rendement de la chaudière lorsqu'elle fonctionne à charge partielle, alors que toute prononciation de courbure de la droite imaginaire indique une diminution de l'efficacité de la charge partielle. Toutefois, une déviation sous forme de courbe ascendante pour les mois les plus doux n'est pas nécessairement l'indication d'un faible rendement de la chaudière puisque cette même déviation s'observe lorsque les installations de chauffage et de refroidissement d'un bâtiment fonctionnent simultanément ou encore lorsqu'un bâtiment est surchauffé, particulièrement si on contre cette surchauffe en ouvrant des fenêtres.

3.1.4 Évaluation

L'examen des quantités relatives d'énergie consommées par les différents secteurs de consommation peut permettre de voir s'il est nécessaire de poursuivre l'étude et l'examen des coûts énergétiques, et d'évaluer, en gros, le temps qu'on peut consacrer à la poursuite de l'étude pour qu'elle soit rentable.

Plutôt que de considérer les valeurs énergétiques absolues, il serait plus profitable de comparer la quantité d'énergie dans chacun des secteurs avec des consommations "cibles" dans le but d'évaluer les possibilités d'économie d'énergie dans chaque secteur.

Dans certains cas, le processus de répartition lui-même peut permettre d'établir directement les possibilités d'économie d'énergie ainsi que les mesures qui pourraient être prises à cet effet (ce qui serait normalement fait au moyen des techniques décrites dans le document intitulé Évaluation des installations mécaniques).

Les résultats finaux du processus de répartition sont souvent illustrés sous la forme d'un diagramme Sankey (voir figure 1.2.1) montrant la consommation d énergie relative (ou demande d'énergie ou coût énergétique) des différents secteurs de consommation d'énergie d'un bâtiment. Ce diagramme est souvent utilisé comme moyen de communiquer à d'autres les résultats d'une répartition. Les diagrammes à quartiers de cercles et les histogrammes peuvent également être utilisés pour illustrer graphiquement la séparation de la consommation d'énergie; ils sont plus faciles à établir mais ils ne permettent pas d'illustrer des flux d'énergie complexes comme peut le faire le diagramme Sankey (figure 3.1.2).

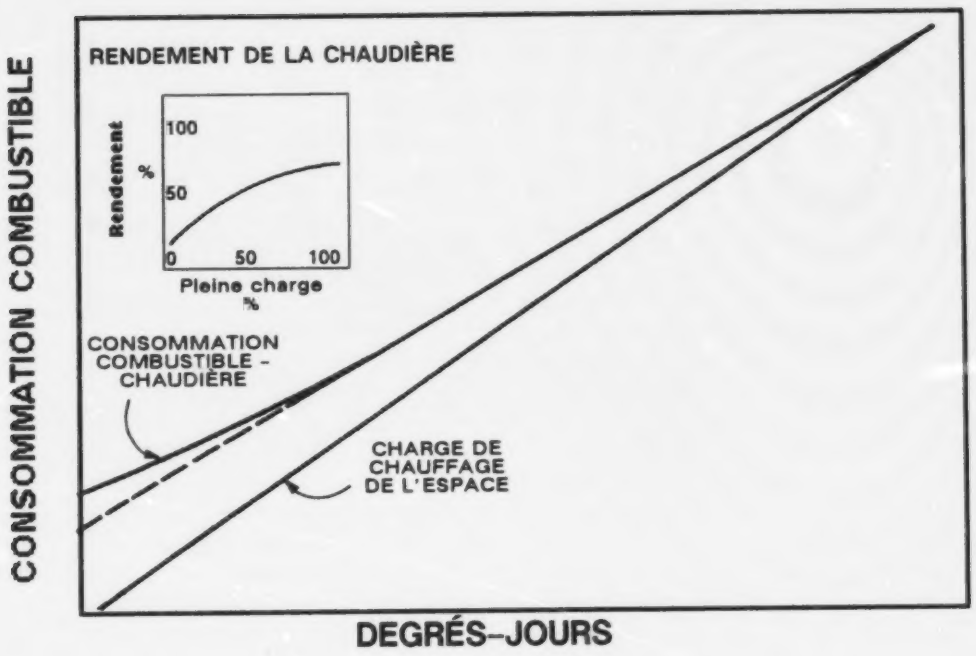


Figure 3.1.1: **Non linéarité "consommation combustible/degrés-jours" résultant d'un faible rendement de la chaudière en fonctionnement à charge partielle**

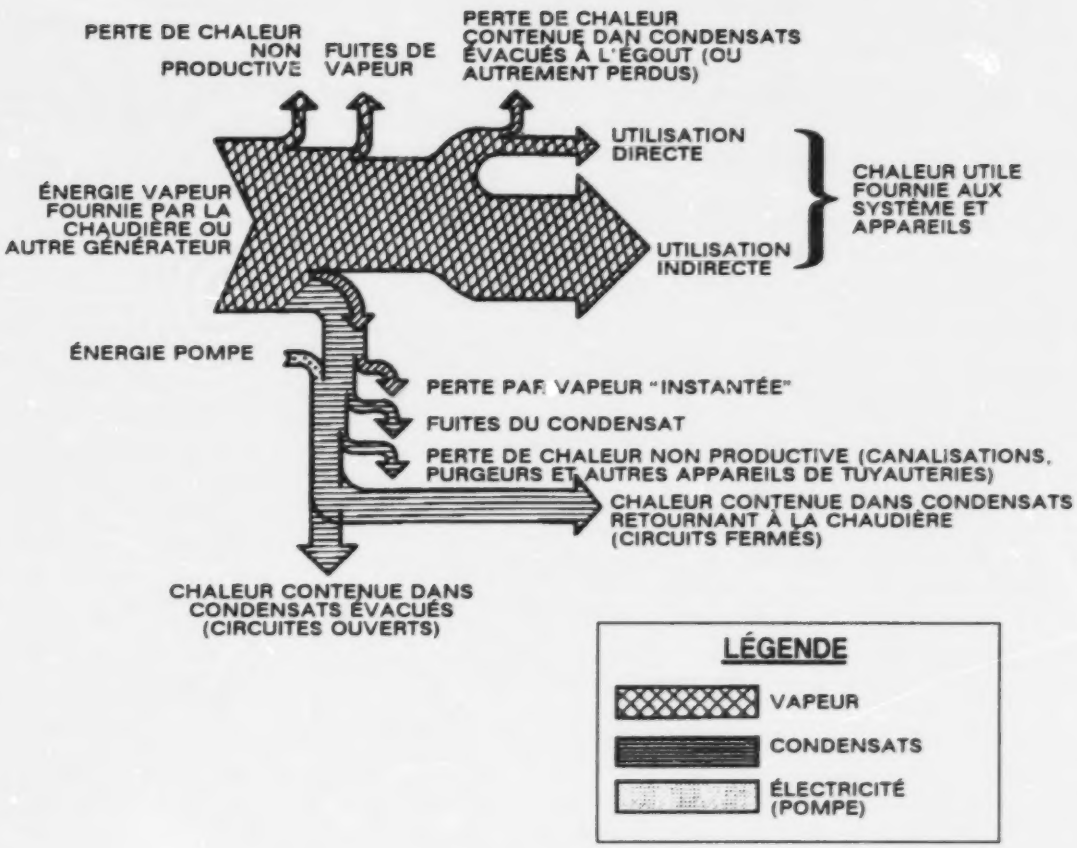


Figure 3.1.2: **Exemple d'un diagramme Sankey détaillé illustrant des flux d'énergie complexes et "multiformes"**

3.1.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

En général, lorsqu'on veut établir le profil de la consommation d'énergie d'un bâtiment au moyen de techniques de répartition, on devrait généralement utiliser les données disponibles avant d'essayer d'améliorer la quantité des données ou d'obtenir des données manquantes ou des données plus détaillées en faisant appel à des techniques de contrôle sur place.

Le degré de précision de la répartition et l'effort à fournir pour arriver à ce degré de précision sont fonction du type et de la taille de la construction ou de l'installation considérée, de la disponibilité de données assez précises et du but recherché. Il serait sage de prévoir un budget global pour l'évaluation complète des secteurs de consommation afin de ne consacrer à cette étude que le temps et l'argent disponible. Sans une telle limite, il est très difficile d'interrompre l'étude en cours de route.

3.2 ÉTAPE II – TECHNIQUES SIMPLES DE MESURE

3.2.1 Description des techniques

Les techniques utilisées à cette étape font appel soit à l'utilisation d'instruments simples soit à l'application de modèles simples de calcul (modèles servant à prédire la consommation d'énergie). Il est à noter que la notion d'étape n'implique pas nécessairement que l'activité doivent se dérouler nécessairement après l'étape précédente. En fait, on devrait avoir recours aux techniques décrites dans le présent article comme complément ou remplacement des techniques d'évaluation décrites précédemment. Dans certains cas, par exemple, de simples mesures sur place peuvent permettre de recueillir des renseignements beaucoup plus précis et détaillés avec un minimum d'effort que ne peuvent le permettre les analyses effectuées au moyen de données tirées de plans et d'autres documents d'archives.

Les techniques d'évaluation et les instruments particuliers utilisés pour identifier et quantifier les divers flux d'énergie sont indiqués et définis à l'annexe.

3.2.2 Équipement

L'équipement nécessaire aux essais à effectuer sur place varient selon l'essai en cause. Les techniques et les méthodes d'essai d'installations, d'appareils ou de systèmes particuliers sont décrites dans d'autres documents (documents de la classe D, rendement des systèmes et du matériel).

Pour relever le flux d'énergie global ainsi que les flux individuels du matériel classique d'enregistrement chronologique, des données avec transducteurs appropriés peuvent être utilisées. Une solution de rechange assez économique consiste à photographier à intervalles réguliers préétablis les compteurs installés sur place. Pour vérifier sans qu'il en coûte trop cher le temps de fonctionnement des pièces ou des éléments clés d'une installation, des compteurs de durée de fonctionnement peuvent être utilisés.

La lecture des données indiquées sur les compteurs des entreprises de distribution ou sur les autres compteurs installés permet souvent d'obtenir des résultats satisfaisants mais moins détaillés. Par exemple, le relevé des consommations énergétiques enregistrées au début et à la fin de chaque journée de travail peut être utilisé aux fins de comparaison des consommations horaires moyennes pour les périodes d'occupation et d'inoccupation du bâtiment.

Il n'existe pas d'exigences particulières pour ces méthodes d'analyse; toutefois, dans certains cas, des modèles informatiques simplifiés peuvent être beaucoup plus économiques que des méthodes manuelles.

3.2.3 Démarche détaillée

Les techniques de mesurage de la consommation d'énergie devraient comporter à court terme un bas niveau de mesurage ou encore des essais instantanés. Avec de telles techniques, on peut déterminer les différentes composantes du flux d'énergie soit de façon directe, en mesurant les flux actuels, soit de façon indirecte, cette dernière exigeant des manipulations analytiques supplémentaires avant la détermination de la valeur énergétique, par exemple, la détermination du nombre d'heures de fonctionnement d'une pièce particulière d'équipement ou d'une installation.

Si les données de facturation ne sont pas disponibles ou complètes, alors on peut faire des relevés de consommation d'énergie brute pour les différentes sources d'énergie (mazout, charbon, gaz, électricité, eau chaude, eau réfrigérée, vapeur), à l'entrée du bâtiment.

Les techniques servant à déterminer les flux d'énergie peuvent être utilisées expressément dans le but de faciliter la répartition par secteurs de consommation ou encore ils peuvent être effectués par d'autres intervenants, comme partie de leurs activités. Dans plusieurs cas, les essais, en particulier ceux servant à déterminer les flux d'énergie d'une manière indirecte, pourraient plutôt être effectués à l'étape de l'évaluation des installations mécaniques (document D), et les résultats seront utilisés comme complément à l'analyse des secteurs de consommation.

3.2.4 Évaluation

On peut évaluer les différentes composantes du flux d'énergie en prévoyant la consommation d'énergie de chacun des appareils ou de chacune des installations du bâtiment, en additionnant ces données et en comparant les totaux obtenus avec la consommation totale de combustible/électricité enregistrée ou en comparant ces données avec les consommations moins réparties mesurées sur place ou celles déterminées au moyen de l'application concrète de la méthode de répartition. Si les deux valeurs ne coïncident pas, les résultats ou la répartition, ou les deux, doivent être réévalués jusqu'à ce qu'ils s'équivalent.

Les flux d'énergie vers les installations et les systèmes constitués d'appareils dont on peut prédire ou dont on connait les horaires de fonctionnement, les pompes et les ventilateurs entre autres, peuvent être évalués rapidement alors que d'autres, par exemple ceux attribuables à l'utilisation des appareils d'éclairage par les occupants, ne le peuvent pas. Souvent, il faut supposer que la consommation d'énergie de tels appareils et de telles installations (éclairage, par exemple) ou de combinaisons de tels appareils installations (éclairage et divers) est égale à la valeur qu'on obtient après avoir soustrait toutes les consommations prévisibles de la consommation globale.

Habituellement, les méthodes d'analyse utilisées sont de simples méthodes manuelles, par exemple la méthode des degrés–jours, la méthode des heures équivalentes de fonctionnement ou certaines méthodes matricielles.

On peut également utiliser la présente méthode pour évaluer l'influence, sur la consommation d'énergie d'un bâtiment de la perte de chaleur par les murs, les fenêtres, le toit, ainsi que les infiltrations d'air et la ventilation. Pour ce faire, on calcule la charge de façon conventionnelle et on utilise des techniques manuelles d'évaluation énergétique.

3.2.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

Se référer à la section 3.1.5.

3.3 ÉTAPE III – MONITORAGE DÉTAILLÉ ET SPÉCIALISÉ

3.3.1 Description des techniques

Les techniques sont similaires, quant à l'objectif visé, à celles utilisées à l'étape II sauf qu'ils impliquent des méthodes complexes détaillées.

Lorsqu'il s'agit de déterminer quels sont les secteurs d'un bâtiment qui consomment le plus d'énergie ou qui sont la cause du plus grand gaspillage d'énergie, un contrôle précis et approfondi qui exigerait beaucoup de temps et d'efforts peut rarement être justifié. Cependant on pourra justifier le recours à des méthodes d'essai complexes et à des modèles détaillés d'analyse énergétique dans la mesure où:

1) ces essais ou ces méthodes d'analyse peuvent servir à d'autres fins que la recherche de solutions d'économie d'énergie;

2) les essais ou les méthodes d'analyse sont sujets à être réclamés à n'importe quel moment;

3) il peut s'avérer nécessaire d'établir un modèle énergétique complexe pour le bâtiment considéré (par exemple, lorsque un important travail d'amélioration ou de modernisation est sérieusement envisagé).

3.3.2 Équipement

Les méthodes de contrôle sont décrites dans d'autres documents de la classe D; l'apport de telles activités au processus de répartition est résumé à l'annexe.

3.3.3 Démarche détaillée

Toute comme les méthodes d'analyse plus simples, les modèles informatiques complexes permettent de prédire les différents flux d'énergie; de plus, ils permettent d'avoir une idée plus globale de la consommation d'énergie et de mieux voir et comprendre les différentes interactions en cause. Tout comme dans le cas des méthodes simples, les résultats ou les sommations de la composante énergétique prévue doivent être comparés, rationalisés et modifiés au besoin avec les flux d'énergie connus tirés de factures des entreprises de distribution, les relevés des compteurs individuels, ou encore avec les résultats obtenus au moyen des méthodes de répartition véritable.

Pour ce qui est des modèles complexes d'analyse, se reporter au document intitulé "Évaluation des améliorations" (DO7), un document de la série D relatif au rendement énergétique et environnemental.

4. RÉFÉRENCES

1) IES LEM-1-1984, IES LEM-4-1984

2) COWAN, J.D. et JARVIS, I.A. **Component Analysis of Utility Bills: A Tool for the Energy Auditor.** ASHRAE Transactions, 1984, Volume 90, Partie 1.

3) SPIELVOGEL, L.G. **One Approach to Energy Use Evaluation.** ASHRAE Transactions, 1984, Volume 9, Partie 1.

4) COGINS, J.L. **An Effective Energy Audit: The Flow Sheet Approach.** ASHRAE Journal, Juin 1976, pp. 58-60.

5) COAD, W.J. **Energy Audits I: Components of Energy Use.** Heating/Piping/Air Conditioning, Juillet 1975, pp. 105-106; **Energy Audits II: Components of Energy Use.** Heating/Piping/Air Conditioning, Août 1975, pp. 93-97; **Energy Audits III: Components of Energy Use.** Heating/Pipinjg/Air Conditioning, Septembre 1979.

6) WULFINGHOFF, D.R. **Common Sense about building Energy Consumption Analysis.** ASHRAE Transactions, 1984, Volume 90, Partie 1.

7) ALBERN, W.F. **Simultaneous Heating and Cooling - The Undetected Energy Consumer.** ASHRAE Journal, Août 1983, pp. 38-39.

5. ANNEXES

5.1 TERMES ET UNITÉS STANDARDS DE MESURE

Répartition (de la consommation d'énergie)

Détermination et quantification des différentes composantes du flux d'énergie d'un bâtiment.

Modèle d'analyse établi selon la méthode de régression (corrélation)

Modèle dont la valeur des paramètres (propriétés du bâtiment et des secteurs de consommation du bâtiment) est déterminée par des données d'appoint ou de mesurage.

Analyse selon la méthode de régression

Analyse effectuée à l'aide de modèles établis selon la méthode de régression.

Modèle (prédictif) de simulation

Modèle permettant d'évaluer la consommation d'énergie d'un bâtiment à partir de propriétés et d'utilisation du bâtiment et ses secteurs de consommation (leur destination), et d'un ensemble de données climatiques.

5.2 AUTORITÉS COMPÉTENTES ET RÉGLEMENTATION APPLICABLE

Peu d'organismes de normalisation officiels et non officiels se sont penchés sur l'étude des différents flux d'énergie d'un bâtiment, bien que quelques-uns, comme l'ASHRAE (NORME 90P) ont établi des limites quant aux charges associées à chacun.

La Illuminating Engineering Society of America (IESA) est l'un des quelques organismes qui a reconnu la signification des variations de la charge dans le temps sur la consommation d'énergie, et qui a présenté une procédure et une ligne directrice pour les cibles énergétiques en matière de secteurs composants (IES, 1984).

5.3 LISTE DES FACTEURS D'ORDRE CLIMATIQUE ET DE SERVICE (DEGRÉ D'OCCUPATION) INFLUANT SUR LES DIVERS SECTEURS DE CONSOMMATION (FLUX D'ÉNERGIE), ET DES MOYENS (MESURE, COMPTAGE ET ANALYSE) PERMETTANT DE QUANTIFIER CES RÉPERCUSSIONS

1. CHAUFFAGE DE L'ESPACE

PERTES DE CHALEUR ASSOCIÉE À LA CHAUDIÈRE

Les pertes de chaleur associées à la chaudière sont:

1) Les pertes de chaleur, habituellement constantes, par le chemisage sont présentes aussi longtemps que le système à chaudière fonctionne;

2) Augmentation du pourcentage de pertes cycliques au moment du passage de la pleine charge à une charge partielle pertes de chaleur avant et après avoir purgé, pertes de chaleur par le conduit de fumée après l'allumage;

Les pertes de chaleur par le chemisage et celles dues aux variations de charge ou de régime sont nulles lorsque la chaudière est arrêtée.

La perte de chaleur continue, par le conduit de fumée, due à une combustion inefficace, varie en fonction de la charge d'exploitation.

Mesure

Pour déterminer perte de chaleur en régime de maintien de la chaudière, on peut mesurer la consommation de combustible après avoir obturé le réseau de distribution. Ceci n'est possible, toutefois, que lorsqu'une circulation d'eau est maintenue dans la chaudière.

La perte constante de chaleur imputable à la combustion peut être mesurée au moyen de techniques d'analyse de la combustion.

La combination de la perte de chaleur par le conduit de fumée et de celles dues aux variations de charge ou de régime au cours d'une période donnée nécessite un monitorage détaillé de l'équilibre calorifique de la chaudière lequel est rarement applicable à la plupart des évaluations régulières du rendement des immeubles.

Analyse

On peut utiliser comme données le rendement saisonnier annoncé dans le catalogue de fabricant ou un rendement saisonnier calculé au moyen d'une méthode de groupement des valeurs de calcul ("bin method") à partir du rendement catalogué à charge partielle annoncé et du pourcentage d'heures de fonctionnement de l'appareil sous diverses charges.

PERTES DE CHALEUR PAR LES CONDUITS D'AIR

Si la température du fluide de chauffage et la température ambiante ne varient pas et que les ventilateurs continuent de fonctionner, la perte de chaleur et d'air par les conduits est essentiellement constante; autrement, elle varie en fonction de la différence entre la température du fluide de chauffage et celle de l'air ambiant.

La perte de chaleur par les conduits d'air constitue, jusqu'à un certain point, un apport interne utile qui contribue au chauffage de l'air ambiant.

Lorsque les ventilateurs sont arrêtés, la perte de chaleur par les conduits est nulle.

Mesure

On peut mesurer les fuites par un conduit d'air en scellant toutes les sorties d'air et en mesurant le débit d'air généré par un ventilateur de faible puissance (technique standard de mise en service).

Il est pratiquement impossible de mesurer la perte de chaleur totale par les conduits d'air, d'abord parce que les différences de température sont trop minimes, ensuite, parce qu'en raison de fuites possibles, le débit n'est pas nécessairement le même d'un tronçon de conduit à l'autre et que les différences de débit sont difficiles à mesurer.

Analyse

La perte de chaleur peut être évaluée au moyen de méthodes conventionnelles d'échange de chaleur; toutefois les efforts déployés en ce sens seront rarement justifiés.

PERTE DE CHALEUR PAR LA TUYAUTERIE

La perte de chaleur par la tuyauterie est évaluée, mesurée et analysée comme dans le cas des conduits d'air; toutefois, il existe rarement des fuites de fluide dans les tuyauteries.

PERTE DE CHALEUR PAR LE SYSTÈME DE CVCA/RÉGULATION

De façon absolue, les pertes de chaleur peuvent être:

a) nominalement constantes sur toute l'année;
b) présentes seulement lorsqu'on chauffe et qu'on refroidit en même temps;
c) présentes en quantités variantes, en fonction des conditions extérieures et des variations de la charge calorifique interne.

Mesure

On peut évaluer le gaspillage imputable au mélange d'air, dans le cas d'une installation centrale (par opposition à la perte de chaleur imputable au mélange d'air pour une zone demandant à être réchauffée) en mesurant la consommation d'énergie frigorifique (consommation d'électricité du(des) refroidisseur(s)) d'abord lorsque l'installation centrale fonctionne puis lorsqu'elle ne fonctionne pas, et en mesurant, par la suite, la différence entre les consommations journalières relevées. Une autre méthode pour identifier les pertes imputables au mélange d'air consisterait à relever la température à plusieurs reprises entre les cycles de chauffage et de refroidissement.

On peut déterminer le gaspillage en saison estivale (été) dans le cas d'une zone demandant à être réchauffée à partir de la consommation d'énergie de chauffage relevée lorsque les appareils de chauffage sont ou ne devraient plus être demandés. Il est impossible, toutefois, d'extrapoler pour déterminer le gaspillage "d'hiver", surtout lorsqu'on est en présence de systèmes ou d'installations à induction.

Le gaspillage au terminal de l'équipement peut être imputable à l'inefficacité à un registre ou d'une soupape de régulation (par exemple, dans le cas des boîtes de mélange de conditionnement d'air à double conduit); on peut identifier ce gaspillage en le mesurant ou en effectuant une inspection.

Analyse

Des modèles de prédiction en consommation d'énergie dynamique dans le cas d'installations multizones peuvent être utilisés pour prédire le surplus d'énergie imputable au réchauffage dans les cas de demande de régulation d'une zone.

VENTILATION ET HUMIDIFICATION

La quantité d'énergie nécessaire à la ventilation et à l'humidification des locaux est essentiellement directement proportionnelle à la différence entre la température intérieure et la température extérieure; de plus, si les taux de débit de la répartition demeurent constants, cette quantité d'énergie correspond bien aux degrés-jours de chauffage.

Le fait d'établir des cycles de fonctionnement et d'arrêt des ventilateurs ou de faire varier la quantité d'air frais admis en fonction du taux d'occupation du bâtiment influence de façon considérable sur les besoins de ventilation et d'humidification.

Mesure

La quantité d'énergie nécessaire à la ventilation peut être évaluée par mesure des taux de débit d'air combinée à d'autres méthodes d'analyse. Dans la plupart des cas, il n'est pas possible de mesurer cette quantité d'énergie de façon directe.

Analyse

Les taux de débit d'air de conception ou, de préférence ceux mesurés, peuvent être utilisés avec le modèle degrés-jours ou d'autres modèles plus détaillés pour l'évaluation de la quantité d'énergie nécessaire à la ventilation. Pour évaluer la quantité d'humidification nécessaire, il faut effectuer certains calculs basés sur la température du bulbe humide.

CONDUCTION

La conduction est directement proportionnelle à la différence entre la température intérieure et la température extérieure et il existe une bonne corrélation avec les degrés-jours de chauffage. Modifications du point de consigne de la température de la pièce, cette technique d'abaissement de température, par exemple, peut influer sur cette corrélation dans le cas de courtes périodes (heures).

La technique d'abaissement de température a un effet mesurable sur la perte de chaleur par conduction, particulièrement durant la saison douce.

Mesure

Il n'est pratiquement pas possible de mesurer directement la perte de chaleur due à la conduction; toutefois, le contrôle local des flux de chaleur ou encore la mesure de la température de surface par des méthodes de contact ou des méthodes thermographiques sont des moyens qui peuvent permettre d'identifier les anomalies thermiques comme, par exemple, un manque d'isolant, un isolant humide, des ponts thermiques et des courants d'air par convection.

Analyse

Les détails de construction du bâtiment considéré peuvent être utilisés pour calculer la perte de chaleur par l'enveloppe; par contre, la méthode des degrés-jours ou des autres méthodes plus complexes peuvent être utilisées pour évaluer la perte de chaleur annuelle due à la conduction.

INFILTRATION

La perte de chaleur par infiltration d'air est essentiellement proportionnelle à la différence entre la température intérieure et la température extérieure. Toutefois l'effet de cheminée (colonne d'air en mouvement) qui augmente à mesure qu'augmente cette différence de température montre que la relation quantité d'énergie/différence de température n'est pas linéaire.

Cette proportionalité peut également être perturbée par certains autres facteurs, entre autres, la vitesse et, jusqu'à un certain point, la direction du vent, les courants d'air par les fenêtres (que les occupants peuvent ouvrir pour rafraîchir ou ventiler un local) et par les portes extérieures ainsi que les courants d'air générés par les ventilateurs des installations CVCA (qui se mettent en marche lorsque le taux d'admission d'air frais et le taux d'évacuation d'air vicié ne sont pas équilibrés).

Mesure

La perte de chaleur par infiltration d'air ne peut pratiquement pas être mesurée de façon directe. Les taux d'infiltration d'air déterminés au moyen de techniques de pressurisation ou de techniques ulitisant des gaz traceurs peuvent, avec l'aide d'une analyse, être utilisés à prédire les variations du débit d'infiltration et les pertes énergétiques.

Analyse

On peut évaluer les taux d'infiltration d'air pour un bâtiment considéré à partir de certaines considérations pour des paramètres relatifs à ce bâtiment bien que des données mesurées offriraient plus de précision. On peut également évaluer les taux d'infiltration d'air et les gaspillages d'énergie qui en découlent au moyen de la méthode de degrés-jours ou, de préférence, de méthodes plus sophistiquées.

CONSOMMATION TOTALE DU CHAUFFAGE DE L'ESPACE

La consommation totale d'énergie de chauffage peut être déterminée d'après la détermination du "supplément hiver".

2. CONDITIONNEMENT D'AIR DE L'ESPACE

PERTE DE CHALEUR PAR LES CONDUITS D'AIR

En général, selon ce qui est indique en 1, sauf que la perte de chaleur devient un gain de chaleur.

PERTE DE CHALEUR PAR LA TUYAUTERIE

En général, selon ce qui est indiqué en 1, sauf que la perte de chaleur devient un gaine de chaleur.

PERTES DE CHALEUR PAR LE SYSTÈME DE CVCA/RÉGULATION

Selon ce qui indiqué en 1.

VENTILATION

La perte d'énergie par ventilation est proportionnelle à la différence entre l'enthalpie intérieure et l'enthalpie extérieure. Lorsque les vitesses de débit d'air demeurent constants, cette perte de chaleur correspond, jusqu'à un certain point, aux degrés-jours basés sur la température du bulbe humide.

Mesure

Selon ce qui est indiqué en 1.

Analyse

On peut évaluer l'importance des charges internes et de celles dues à la conduction et, par le fait même, celles en ventilation en comparant le degré de corrélation obtenu lorsque l'énergie de refroidissement nécessaire est mise en graphique en fonction des différences entre les températures au bulbe sec et ensuite au bulbe humide. Une meilleure corrélation avec la température au bulbe humide est l'indication d'une plus grande charge de ventilation de refroidissement.

Voir également ce qui est indiqué en 1.

CONDUCTION

En général, selon ce qui est indiqué en 1, sauf que la perte de chaleur devient un gain de chaleur.

Mesure

Selon ce qui est indiqué en 1.

Remarque – Il est habituellement préférable de mesurer la perte de chaleur par conduction pendant la période froide (hiver) du fait que la différence entre des températures extrêmes est beaucoup plus évidente et précise que la différence entre des températures plus rapprochées.

Analyse

En général, selon ce qui est indiqué en 1, sauf que la perte de chaleur devient un gain de chaleur.

INFILTRATION

Voir l'article 1.

CHARGES INTERNES

La charge interne est fonction seulement du profil d'exploitation de bâtiment; il n'existe à peu près pas de corrélation entre la charge interne et les conditions climatiques, à moins que l'éclairage artificiel (intérieur) ne soit ajusté aux niveaux d'éclairage naturel (extérieur). Les variations dans le profil d'exploitation du bâtiment influencent les charges internes et font diminuer le degré de corrélation entre la consommation totale et les conditions climatiques.

Mesure

Il est possible, en théorie seulement, d'évaluer la portion des apports internes qui sont imputables aux appareils électriques. Il existe des techniques simplifiées qui permettent de mesurer la consommation d'énergie d'éclairage (un contrôleur d'énergie d'éclairage), les appareils d'éclairage étant dans la plupart des cas les plus grands contributeurs aux gains internes. La charge d'occupation qui, dans un immeuble à bureaux, pourrait normalement représenter jusqu'à la moitié de la portion de la charge interne imputable aux appareils électriques, peut être évaluée raisonnablement et simplement par une analyse du profil d'occupation du bâtiment.

Analyse

La température de base à laquelle correspond la meilleure corrélation entre la consommation d'énergie de chauffage et les degrés-jours de chauffage peut être utilisée comme température d'équilibre du bâtiment à partir de laquelle, connaissant la perte de chaleur totale, on peut évaluer la charge libre moyen. Pour déterminer l'apport interne, il faudrait alors évaluer la charge solaire, qui représente également une partie de la charge libre totale. Une autre façon consisterait à recueillir les données nécessaires pendant une période de faible ensoleillement.

GAINS SOLAIRES

Il est difficile d'établir une corrélation entre les gains solaires et une variable climatique simple quelconque; de plus, les dispositifs fixes ou movibles comme les pare-soleil utilisés dans les bâtiments contribuent à en compliquer l'évaluation.

Mesure

Aux fins d'évaluation de l'efficacité énergétique d'un bâtiment, l'évaluation de les gains solaires n'est pas considérée comme nécessaire.

Analyse

Les gains solaires peuvent être évalués de façon assez précise au moyen de méthodes manuelles ou, de préférence, au moyen de méthodes informatiques utilisant des algorithmes horaires. Bien entendu, les méthodes informatiques facilitent et accélèrent l'analyse.

CONDITIONNEMENT D'AIR TOTALE DE L'ESPACE

La consommation totale d'énergie nécessaire au conditionnement de l'air peut être déterminée d'après l'identification du "supplément été" (voir le texte principal du document).

3. EAU CHAUDE DOMESTIQUE

La quantité d'énergie nécessaire au chauffage de l'eau chaude domestique varie selon la période de l'année, en fonction des variations de la température de l'eau d'alimentation. Par exemple, pour Ottawa, des températures moyennes de 5°C (en février et en mars) et de 15°C (août, septembre et octobre) ont été mesurées. Ceci représente une différence d'environ 20 % entre les besoins de chauffage requis pour la période froide et ceux pour la période chaude (si l'on considère que la température de l'eau stockée est de 50°C).

Les variations de température de l'eau froide d'alimentation varie également beaucoup sur une base horaire, en fonction de la consommation actuelle d'eau chaude et du volume d'eau dans la canalisation d'appoint d'eau froide passant dans un espace chauffé.

Les changements saisonniers en matière d'habitudes en consommation, et de chauffage de l'eau et le fait que les pompes de circulation fonctionnent habituellement de façon intermittente rendent plus compliqué l'établissement d'un profil de consommation d'énergie.

Mesure

Un compteur intégré de débit monté dans la canalisation d'eau froide d'appoint peut être utilisé pour mesurer la consommation d'eau chaude. On peut mesurer, à peu de frais, la quantité totale d'énergie consommée par les appareils électriques et autonomes à chaufferie au gaz et au mazout pour le chauffage de l'eau. Dans le cas d'installations combinées de chauffage et d'eau chaude domestique et les installations de chauffage utilisant la même source d'énergie et reliées au même compteur, la demande mesurée d'énergie de chauffage, pour la période d'été, peut quelquefois être utilisée pour déterminer la quantité d'énergie consommée à des fins de chauffage de l'eau domestique. Pour ce faire, il faut toutefois s'assurer que tout autre appareil de chauffage est isolé et que le combustible de chauffage n'est pas utilisé à d'autres fins, par exemple à des fins de cuisson. On peut vérifier l'efficacité de la combustion des appareils utilisant des combustibles fossiles en effectuant un essai à cet effet.

Dans le cas d'installations distinctes de chauffage de l'eau domestique, on peut évaluer la perte de chaleur encourue par sa distribution en mesurant la quantité d'énergie consommée au cours d'une courte période où la demande d'eau chaude est nulle; on peut ensuite extrapoler les résultats pour obtenir un profil annuel.

Analyse

On peut évaluer le rendement énergétique total d'un système à partir de la consommation mesurée d'énergie de chauffage et d'eau chaude et de la température approximative de l'eau chaude au point de puisage. À partir du taux d'efficacité de combustion calculé (en utilisant la valeur de 100 % dans le cas des installations électriques), on peut également évaluer la perte de chaleur au stockage et à la distribution.

Les résultats d'analyse basés sur des taux approximatifs de consommation d'eau et sur un rendement approximatif du système ne sont habituellement pas très précis.

4. ÉNERGIE DE VENTILATION

La quantité d'énergie consommée par les ventilateurs est à peu près constante tout au long de l'année, sauf

i) lorsque l'installation comprend des systèmes à volume d'air variable (VAV);

ii) lorsque les cycles de fonctionnement et d'arrêt des ventilateurs sont fonction de la demande de chauffage ou de refroidissement de la pièce;

iii) lorsque le profil d'exploitation ou de fonctionnement des ventilateurs varie selon la saison; par exemple, les ventilateurs des installations de CVCA fonctionnent continuellement durant la saison froide, mais sont arrêtés pendant les périodes d'inoccupation, i.e., entre le printemps et l'automne.

Mesure

La consommation d'électricité pourrait être mesurée de façon directe; toutefois, dans la plupart des cas, les dépenses encourues pour un tel contrôle ne pourraient être justifiées. Une solution plus simple et moins coûteuse, lorsque la charge des ventilateurs est constante, consiste à mesurer la consommation du pouvoir de fonctionnement au moyen de compteurs-enregistreurs du fonctionnement. Les pertes de charge par frottement à l'intérieur des conduits d'air peut être évaluée par mesures de la pression et du débit d'air.

Analyse

Lorsque les charges sont constantes et que le cycle de fonctionnement des appareils est connu, il est possible d'évaluer au moyen de méthodes simples et avec passablement de précision la quantité d'énergie consommée par les ventilateurs. Il est préférable d'effectuer les calculs en se basant sur la charge actuelle du moteur des ventilateurs plutôt que sur la charge maximum indiquée sur la plaque descriptive des appareils, puisqu'il est rare que les moteurs fonctionnent à pleine charge. Si l'on ne connaît pas la charge réelle d'un moteur, on peut calculer 90 % de la valeur indiquée sur la plaque descriptive ou encore on peut l'évaluer en se basant sur les données suivantes, à savoir les débits d'air calculés ou mesurés, la pression statique du ventilateur et les caractéristiques annoncées dans les catalogues des fabricants. On peut calculer les chutes de pression en se basant sur la dimension standard des conduits ou encore en mesurant, tout simplement, ce qui est plus rapide et plus sûr. Il faudra utiliser des méthodes de groupement des valeurs de calcul ("bin method") ou des méthodes de calcul horaire pour évaluer la consommation d'énergie dans le cas de systèmes VAV ou dans les cas où le cycle de fonctionnement et d'arrêt des ventilateurs est fonction de la demande de refroidissement ou de chaleur.

5. ENERGIE DE POMPAGE

On peut présumer que la quantité d'énergie consommée par les pompes sera passablement constante sur toute l'année, ou du moins, sur toute la période de fonctionnement des pompes, à moins que ce ne soit des pompes à débit variable ou qu'il ne s'agisse d'un groupe de pompes à fonctionnement en séquence. La grande exception à cette règle, est représentée par les pompes d'eau du condenseur; celles-ci, lorsque la différence de hauteur entre le refroidisseur et la tour de refroidissement est considérable, peuvent être arrêtées pendant les périodes creuses au cours desquelles la circulation se fait alors par gravité. De plus, on peut s'attendre à une certaine variation de la consommation aux saisons, lorsque la température est entièrement régulée au moyen de vannes d'étranglement.

c'est-à-dire lorsque la vitesse de débit et, de là, le point de fonctionnement des pompes, deviennent dépendant des conditions climatiques.

Mesure

En général, selon ce qui est indiqué en 4 (ÉNERGIE DE VENTILATION).

Analyse

En général, selon ce qui est indiqué en 4 (ÉNERGIE DE VENTILATION).

6. ÉCLAIRAGE

La consommation d'énergie d'éclairage est étroitement liée à l'utilisateur d'occupation du bâtiment, mais à moins que ce profil ne change ou que les besoins mêmes ne changent de façon considérable, la charge d'éclairage moyenne, sur une base mensuelle par exemple, devrait être essentiellement la même sur toute l'année. Certaines variations pourront être constatées, toutefois, si l'installation comporte des dispositifs manuels ou automatiques de diminution, d'augmentation ou de fermeture de l'éclairage artificiel (intérieur) en fonction du degré d'éclairage naturel (lumière du jour).

Mesure

On peut mesurer la consommation d'énergie d'éclairage de façon directe, au moyen de kilowattheuremètres ou d'ampèremètres enregistreurs, ce qui permettra d'obtenir des profils de consommation, ou encore au moyen de kilowatheuremètres intégrés qui permettra d'évaluer la consommation totale du pouvoir énergétique. Ces méthodes, toutefois, ne seraient pas très rentables, du fait qu'il faudrait soumettre à l'étude un très grand nombre de circuits individuels.

Les profils de consommation d'énergie d'éclairage peuvent également être déterminés au moyen de la méthode qui consiste à photographier les compteurs à intervalles intermittents afin d'y relever la consommation ou encore de celle qui consiste à utiliser des "contrôleurs d'énergie d'éclairage".

Pour déterminer la quantité d'énergie d'éclairage (électricité) qui contribue utilement au chauffage du bâtiment, il faut calculer le nombre d'heures pendant lesquelles le bâtiment est exploité à une température supérieure à sa température d'équilibre.

Analyse

Pour pouvoir prévoir la consommation d'énergie d'éclairage, il faut connaître la charge d'éclairage installé (ou l'avoir calculée à partir du nombre d'appareils installés) et avoir une idée raisonnable du profil réel d'utilisation des installations d'éclairage du bâtiment. Pour vérifier si les hypothèses concernant les différentes consommations (éclairage, pompe, ventilateur, diverse utilisation d'énergie) sont fondées, on peut comparer la somme de ces dernières avec la consommation totale d'électricité considérée comme charge de base.

Dans le cas de bâtiments non chauffés à l'électricité, il y est possible en comparant le facteur de charge électrique globale pour la période froide, c'est-à-dire la période où l'installation de refroidissement ne fonctionne pas, avec des facteurs de charge typiques ou cibles, de savoir si l'éclairage et les autres charges controllées par l'occupant fonctionnent sur des heures plus longues ou plus courtes qu'un bâtiment typiquement bien contrôlé.

Pour évaluer la quantité d'énergie électrique d'éclairage qui contribue au chauffage du bâtiment, il faut calculer le nombre d'heures au cours desquelles le bâtiment est exploité au-dessus de sa température d'équilibre.

5.4 LISTE DE DOCUMENTS ÉVALUANT LE RENDEMENT DES IMMEUBLES

Dans cette série, les documents sont subdivisés en quatre classes différentes. Les documents de classe A donnent des explications à savoir comment utiliser les documents des trois autres classes. La classe B est un répertoire d'essais lequel inclut un index et des références. Les documents de classe C donne un compte rendu des trois domaines d'évaluation et résume les documents de classe D dans leur domaine respectif. Les documents de classe D contiennent une description des attributs du rendement des immeubles et donnent les méthodes pour les évaluer.

	A1	Guide du directeur de projet
	A2	Guide du gérant d'immeuble
	B1	Répertoire d'essais
Relevés	C1	Rendement énergétique et environnemental
	C2	Rendement fonctionnel
	C3	Rendement des systèmes et du matériel
Rendement énergétique et environnemental	D01	Évaluation des polluants
	D02	Migration de la pollution
	D03	Évaluation de l'ambiance thermique
	D04	Évaluation globale: rendement énergétique
	D05	Évaluation des secteurs de consommation: rendement énergétique
	D06	Évaluation des installations et systèmes: rendement énergétique
	D07	Évaluation des améliorations: rendement énergétique
	D08	Évaluation de l'environnement acoustique
	D09	Évaluation de la circulation d'air
	D10	Évaluation de l'éclairage
	D11	Relevé des données atmosphériques
Rendement fonctionnel	D20	Analyse des documents et archives
	D21	Annotation des plans
	D22	Entrevues centrées
	D23	Questionnaires
	D24	Observations

Rendement des systèmes et du matériel	D30	Murs et colonnes structuraux: relevé de la condition
	D31	Dalles et toits structuraux: relevé de la condition
	D32	Garages de stationnement: relevé de la condition
	D33	Évaluation des installations mécaniques
	D34	Évaluation des contrôles mécaniques
	D35	Évaluation des systèmes électriques
	D36	Contrôle de la pression et de l'étanchéité à l'air
	D37	Mesure de la vitesse d'échange d'air extérieur
	D38	Inspections par thermographie de l'enceinte d'un immeuble
	D39	Mesure de la résistance thermique
	D40	Inspections de la teneur en humidité
	D41	Évaluation des systèmes de couvertures